

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»**

Теплоенергетичний факультет

Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем

"На правах рукопису"
УДК 004.021

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ О.В. Коваль
(підпис) (ініціали, прізвище)
“___” _____ 2018р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності - 121 Інженерія програмного забезпечення
за спеціалізацією - Програмне забезпечення веб-технологій та мобільних
пристроїв
на тему: Відновлення траєкторії руху морських об'єктів векторно-фазовим
методом

Виконав (-ла): студент (-ка) 6 курсу, групи ТІ-71мп
Морозов Максим Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник доц., к.т.н. Варава Іван Андрійович
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ - 2018

5) реалізація функціональності з побудови траєкторії руху морських об'єктів

6. Орієнтований перелік ілюстративного матеріалу _____
мета, постановка задачі, алгоритм отримання напрямів на морський об'єкт,
архітектура системи, результати дослідження, графічне відображення траєкторії

7. Орієнтований перелік публікацій _____
Відновлення траєкторії руху морських об'єктів векторно-фазовим методом // XVI
міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрантів, студентів
«Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», м. Київ, 24-27 квітня 2018р.
У К.: КП ім. Ігоря Сікорського», 2018. – С. 242.

8. Дата видачі завдання «_____» _____ 201__ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строки виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Затвердження теми роботи	17.05.2018	
2	Вивчення та аналіз роботи	01.05.2018-03.09.2018	
3	Розробка архітектури та загальної структури системи	03.09.2018-28.09.2018	
4	Розробка структури окремих підсистем	01.10.2018-26.10.2018	
5	Програмна реалізація системи	22.10.2018	
6	Оформлення пояснювальної записки	02.09.2018-10.12.2018	
7	Захист програмного продукту	20.11.2018-26.11.2018	
8	Передзахист	26.11.2018	
9	Захист	17.12.2018	

Студент

(підпис)

Морозов М.С.

(прізвище та ініціали)

Науковий керівник

(підпис)

Варава І.А.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Структура й обсяг дипломної роботи

Магістерська дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновку, переліку посилань з 34 найменувань, 2 додатків і містить 6 рисунків, 20 таблиць. Повний обсяг магістерської дисертації складає 78 сторінок, з яких перелік посилань займає 4 сторінки.

Актуальність теми. На даний момент в Україні існує потреба в посиленні національної безпеки та укріплення територіальної цілісності. Одним із шляхів розв'язання даної проблеми є належний моніторинг підводного простору з метою охорони, а саме контроль та реєстрація пересування підводних об'єктів. Проблема підводної безпеки є важливою складовою безпеки загальнодержавної. На даний момент в Україні немає власного програмного комплексу для обробки гідроакустичних сигналів, що дозволив би відновлювати траєкторію руху морських об'єктів з метою їх подальшого аналізу.

Для маскування гідроакустичних станцій, що досліджують акваторію, доцільно використовувати пасивну локацію. Розробка програмно-апаратних систем пасивної локації потребує відлагодження алгоритмів визначення траєкторії руху морських об'єктів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота магістра виконувалась у КПІ ім. Ігоря Сікорського у відповідності з планом наукових досліджень кафедри АПЕПС.

Мета дослідження. Метою роботи є створення прикладного програмного забезпечення для автоматизації побудови траєкторії руху морських об'єктів.

Для реалізації поставленої мети були сформульовані наступні **завдання дослідження**, що визначили логіку дослідження та його структуру:

- дослідження існуючих алгоритмів обробки гідроакустичних даних;
- вивчення аспектів векторно-фазових методів;

— розробка алгоритму обробки гідроакустичних даних векторно-фазовими методами;

— розробка програмної системи обробки гідроакустичних даних векторно-фазовими методами;

— реалізація функціональності з побудови траєкторії руху морських об'єктів.

Об'єктом дослідження є векторно-фазовий метод обробки гідроакустичних даних.

Предметом дослідження є автоматизація побудови траєкторії руху морських об'єктів.

Методи дослідження: При вирішенні задач роботи застосовувались наступні методи:

— аналіз гідроакустичних сигналів за допомогою перетворення Фур'є;
— визначення напрямку на джерело випромінювання векторно-фазовими перетвореннями;

— фільтрація супутніх шумів за допомогою аналізу взаємних спектрів.

Наукова новизна одержаних результатів. Найбільш суттєвими науковими результатами магістерської дисертації є набуття подальшого розвитку методів пасивної гідролокації.

Практичне значення одержаних результатів роботи полягає в розробці прикладного програмного забезпечення для побудови траєкторії руху морських об'єктів векторно-фазовим методом, що може використовуватись для аналізу гідроакустичних сигналів.

Ключові слова. *ВЕКТОРНО-ФАЗОВІ МЕТОДИ, ГІДРОЛОКАЦІЯ, ВЗАЄМНІ СПЕКТРИ, РІЗНИЦЯ ФАЗ, ГІДРОАКУСТИКА.*

ABSTRACT

The structure and volume of the thesis.

Master's thesis consists of an introduction, five chapters, conclusion, list of references with 34 titles, 2 annexes, and contains 6 figures, 20 tables. The full range of master's thesis is 78 pages with a list of links that takes 4 pages.

Actuality of theme. At the moment, there is a need in Ukraine for strengthening national security and strengthening territorial integrity. One of the ways of solving this problem is proper monitoring of the underwater space for the purpose of protection, namely control and registration of movement of underwater objects. The problem of underwater security is an important component of national security. Currently, Ukraine does not have its own software for processing hydroacoustic signals, which would restore the trajectory of motion of marine objects in order to further analyze them.

To disguise the hydroacoustic stations that explore the water area, it is advisable to use a passive location. The development of software and hardware systems for passive location requires the debugging of algorithms for determining the trajectory of motion of marine objects.

Relationship with academic programs, plans, themes.

Master's thesis performed at NTUU "KPI" in accordance with the plan of research APEPS.

The aim of the study. The aim of the work is a creation of the application software for automation of the construction of the trajectory of the movement of marine objects.

To achieve this goal the following objectives were formulated research **following tasks** the logic and structure:

- research of existing algorithms for hydroacoustic data processing;
- study of the aspects of the vector-phase method;
- development of algorithm of hydroacoustic data processing by vector-phase method;

— development of software system for processing hydroacoustic data vector-phase method;

— realization of functionality on construction of the trajectory of motion of marine objects.

Object is a vector-phase method of hydroacoustic data processing.

The subject is an automation of the construction of the trajectory of motion of marine objects.

Methods: In solving problems of applied following methods:

— analysis of hydroacoustic signals using the Fourier transform;

— determination of the direction of the source of radiation by vector-phase transformations;

— filtering of the accompanying noise by means of analysis of mutual spectra.

Scientific novelty of the results. The most significant scientific results of the master thesis is the further adaptation of passive hydrolocation methods.

The practical significance of the results is a development of application software for the construction of the trajectory of motion of marine objects by vector-phase method, which can be used for the analysis of hydroacoustic signals.

Keywords. *VECTOR-PHASE METHOD, HYDROLOCATION, RELATED SPECTRA, DIFFERENT PHASE, HYDROACOUSTICS.*

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень і позначень.....	10
Вступ.....	11
1. Задача відновлення траєкторії руху морських об'єктів векторно-фазовим методом.....	13
1.1. Задача побудови траєкторії руху за акустичними вимірами.....	13
1.2. Задача очищення акустичних вимірів від стороннього шуму	14
Висновки до розділу 1	15
2. Реалізація відновлення траєкторії руху морських об'єктів	17
2.1. Фізичний зміст вхідних гідроакустичних даних.....	17
2.2. Побудова частотного спектру вхідних даних	18
2.3. Застосування векторно-фазового методу.....	20
2.4. Розрахунок взаємних спектрів	22
2.5. Боротьба зі стороннім шумом.....	23
Висновки до розділу 2.....	23
3. Опис програмної реалізації	25
3.1. Засоби розробки.....	25
2.5.1. Мова програмування Java.....	25
2.5.2. Платформа Java SE.....	26
2.5.3. Інструментарій для створення графічного інтерфейсу Swing	28
2.5.4. Модель делегування подій Java.....	28
2.5.5. Інтегроване середовище розробки IntelliJ IDEA.....	29
2.5.6. Специфікація OpenGL	30
2.5.7. Побудова тривимірних графіків за допомогою бібліотеки Jzy3d	31
2.5.8. Побудова двовимірних графіків за допомогою бібліотеки JFreeChart ...	32
2.5.9. Робота з графічними об'єктами за допомогою бібліотеки Abstract Window Toolkit	32
3.2. Структура розробленої системи.....	33
3.3. Обробка вхідних даних.....	34

3.4. Побудова частотного спектру.....	36
Висновки до розділу 3.....	39
4. Методика роботи користувача з системою	41
4.1. Інсталяція та налаштування програмного продукту.....	41
4.2. Сценарій роботи користувача з системою.....	41
Висновки до розділу 4.....	46
5. Розроблення стартап проекту.....	47
5.1. Опис ідеї проекту.....	47
5.2. Технологічний аудит ідеї проекту	49
5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	50
5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту.....	59
5.5. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	61
Висновки до розділу 5.....	63
Висновки.....	64
Список використаних джерел.....	67
Додаток А	Ошибка! Закладка не определена.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ

ДПФ — дискретне перетворення Фур'є. Перетворення Фур'є (операція розкладання вихідної функції на елементарні складові — гармонійні коливання з різними частотами), що вимагає в якості входу дискретну функцію.

ВП — векторний приймач. Приймач векторних характеристик поля.

ГТ — градієнт тиску.

КПС — комбінована приймальна система. Система, що складається з направлених векторних та скалярного приймачів.

КШ — коливальна швидкість.

ШПФ — швидке перетворення Фур'є. Алгоритм швидкого обчислення ДПФ.

P — тиск в точці;

V_x — проекція вектору КШ на вісь абсцис;

V_y — проекція вектору КШ на вісь ординат;

V_z — проекція вектору КШ на вісь аплікату;

ϑ — полярний кут положення джерела;

φ — азимут положення джерела;

j — комплексна одиниця.

ВСТУП

На даний момент в Україні існує потреба в посиленні національної безпеки та укріплення територіальної цілісності. Одним із шляхів розв'язання даної проблеми є належний моніторинг водного простору з метою охорони, а саме контроль та реєстрація пересування водних об'єктів. Проблема підводної безпеки є важливою складовою безпеки загальнодержавної. На даний момент в Україні немає власного програмного комплексу для обробки гідроакустичних сигналів, що дозволив би відновлювати траєкторію руху морських об'єктів з метою їх подальшого аналізу [1].

Існує два загальних види водної локації:

1. Пасивна (приймаючою системою є гідрофон), є непомітною.
2. Активна (приймаючою системою є сонар), виявляється легко по випромінюванню.

Для маскування гідроакустичних станцій, що досліджують акваторію, доцільно використовувати пасивну локацію. Розробка програмно-апаратних систем пасивної локації потребує відлагодження алгоритмів визначення траєкторії руху морських об'єктів.

Метою даної роботи є створення прикладного програмного забезпечення для автоматизації побудови траєкторії руху морських об'єктів.

Завдання полягає у розробці алгоритму обробки гідроакустичних даних векторно-фазовим методом, розробці програмної системи обробки гідроакустичних даних векторно-фазовим методом та реалізації функціональності з побудови траєкторії руху морських об'єктів.

Практичне значення одержаних результатів роботи полягає в розробці прикладного програмного забезпечення, яке надалі може використовуватись як інструмент для побудови траєкторії руху морських об'єктів у тривимірному вигляді та дослідження процесу такої побудови на різних вхідних даних та різних параметрах.

Апробацію отриманих результатів було проведено на гідроакустичних вимірах, отриманих в лабораторних умовах.

Доцільність даного дослідження полягає в тому, що методи активної локації є досить розвиненими на сьогоднішній день, та активно використовуються. Методи ж пасивної локації, з огляду на більш низьку точність, розповсюджені та розвинені менш широко. Однак вони мають свою перевагу — непомітність завдяки відсутності випромінювання. Ті галузі застосування, для яких дана властивість є вагомою, потребують розвитку та практичної реалізації пасивних гідроакустичних методів локації.

Звіт включає п'ять розділів. Перший розділ описує постановку задачі та проблеми, які треба вирішити. У другому розділі описуються алгоритми, які використовуються в системі, їхні математичні моделі та методи їхньої реалізації; розв'язання поставленої задачі та дослідження, проведені в процесі її розв'язання. Третій розділ включає опис засобів розробки та основних технологій, що використовувались при розробці системи, а також програмну реалізацію: структуру програмного продукту та модулі програми. В четвертому розділі проводиться опис методики роботи користувача з програмною системою та графічний інтерфейс користувача. П'ятий розділ описує розроблення стартап проекту за розробленим програмним продуктом.

1. ЗАДАЧА ВІДНОВЛЕННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ МОРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ ВЕКТОРНО-ФАЗОВИМ МЕТОДОМ

Як відомо, акустичне поле коливань виникає і поширюється в пружних матеріальних середовищах, що оточують розглянуті об'єкти, у вигляді акустичних хвиль. Акустичні хвилі — це акустичні (механічні) коливання, що поширюються в матеріальному середовищі. В контексті даної роботи розглядається рідке, водне середовище, тому хвилі називаються гідроакустичними [2].

1.1. Задача побудови траєкторії руху за акустичними вимірами

Векторно-фазовими називаються такі гідроакустичні методи, що розглядають гідроакустичну інформацію як сукупність векторних (ортогональні складові вектору швидкості) та скалярних даних (градієнт звукового тиску), на які накладаються взаємні фазові умови.

Концепція векторно-фазових методів спирається на основне правило гідродинаміки: для повного опису хвильового руху в середовищі необхідні одна векторна характеристика поля (фактично, три взаємно ортогональні проекції швидкості коливань) і дві скалярні, в якості яких, відповідно до традиційної гідродинаміки, вибирають звуковий тиск і густину середовища. Передбачається також, що швидкість поширення хвиль відома, принаймні в околиці точки прийому акустичних сигналів.

Стандартні методи визначення місця розташування джерела звуку за результатами вимірювання його поля тиску вимагають, як правило, рознесення в просторі декількох прийомних елементів для забезпечення спрямованих властивостей акустичного пристрою. У зв'язку з цим необхідно зазначити, що при одночасному використанні даних про поле тиску та поле коливальних швидкостей така інформація міститься вже у векторно-фазових характеристиках поля в точці [3].

Таким чином, для практичної реалізації водної локації необхідно розробити програмне забезпечення, яке б отримувало на вхід гідроакустичні дані про поле тиску та поле коливальних швидкостей джерела коливань. До отриманих даних мають застосовуватися векторно-фазові перетворення, а на виході отримуватимуться напрями на джерело коливань відносно приймача протягом часу вимірювання.

Отримані напрями можуть бути візуалізовані у тривимірному просторі. Для цього вони мають бути нормовані за вектором напрямку та переведені в декартову систему координат. Це перетворення може бути виконано за формулою (1.1). В даному випадку вектор напрямку нормовано до 1, а приймач знаходиться на початку координат.

$$\begin{aligned}x &= \sin \vartheta \cos \varphi, \\y &= \sin \vartheta \sin \varphi, \\z &= \cos \vartheta,\end{aligned}\tag{1.1}$$

де

x — абсциса положення джерела;

y — ордината положення джерела;

z — апліката положення джерела.

1.2. Задача очищення акустичних вимірів від стороннього шуму

Одним з основних джерел перешкод при проведенні акустичних вимірювань в океані є його власні шумові поля. Тому в сучасній гідроакустиці дослідженню їх акустичних властивостей приділяється серйозна увага. Шуми природного походження породжуються різними динамічними процесами, що протікають у водному середовищі, земній корі і атмосфері. Технічні шуми в основному створюються судами. Крім того, в прибережних зонах вони можуть викликатися роботою різних промислових об'єктів. Саме рівні перерахованих шумів в першу чергу визначають порогові значення сигналів, які можна зареєструвати при їх поширенні в океані [2].

Поділ вкладів в шумове поле від джерел різного типу за допомогою прийомних систем на базі гідрофонів в низькочастотній області — завдання досить складне, адже вимагає використання антен.

Тому більш ефективними повинні виявитися методи, що дозволяють отримати більше інформації з окремої точки вимірювання. До їх числа відносяться, зокрема, векторно-фазові методи.

Використання комбінованих приймальних пристроїв для вирішення акустичних задач подібного типу передбачає знання амплітудних і фазових співвідношень між компонентами акустичного поля [4].

Висновки до розділу 1

Програмне забезпечення для вирішення даної задачі, розробка якого виконувалася в рамках магістерської дисертації, являє собою додаток для персонального комп'ютера. На вхід система отримує гідроакустичні просторово-часові виміри, що являють собою цифрові аудіофайли у форматі .WAV без заголовку.

Підхід до вирішення акустичних задач, заснований на реєстрації в фіксованих точках простору поля тиску і його градієнта (або швидкості коливань), був названий концепцією векторно-фазових методів. Використовуючи даний метод, система може отримати частоти вхідних сигналів та азимути їх джерел у сферичній системі координат протягом часу запису.

Маючи азимути джерел гідроакустичних сигналів у певні моменти часу, можна визначити їх положення у тривимірному просторі в ці моменти. Отримані частоти дають змогу виділити різні джерела сигналів, якщо їх було декілька, і для кожного отримати азимути їх місцезнаходження.

Маючи для кожного джерела сигналів послідовність координат місцезнаходження у тривимірному просторі протягом проміжку часу, система може побудувати траєкторію руху цих джерел. Отримана траєкторія відображається з використанням 3D-графіки.

Треба зазначити, що завжди в акваторії присутні супутні шуми, що певною мірою впливають на гідроакустичний сигнал. Виділення корисного сигналу є додатковою задачею, тому під час аналізу траєкторії, побудованої системою, слід враховувати, що на точність її побудови можуть впливати фізичні властивості гідрофона та попереднє очищення записаного сигналу від шумів. В рамках даної роботи для підвищення точності побудови траєкторії використовується розрахунок взаємних спектрів (п. 2.4) та статистичні методи, такі як виключення з розгляду значень, що значно перевищують дисперсію; групування різних частот за різницею фаз, та вибірка для розрахунку когерентних значень.

Дана система має бути включена в гідроакустичні дослідницькі комплекси поряд з апаратурою для запису гідроакустичних сигналів.

2. РЕАЛІЗАЦІЯ ВІДНОВЛЕННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ МОРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ

В даному розділі відбувається формулювання алгоритму, запропонованому для розробленого програмного продукту. Метою алгоритму є формування масиву напрямів на джерело випромінювання, з урахуванням супутніх шумів. Відбувається виділення корисного сигналу в частотному спектрі [5] та застосування статистичних методів для зменшення рівня шумів.

2.1. Фізичний зміст вхідних гідроакустичних даних

Вхідні дані несуть в собі інформацію про два параметри гідроакустичного сигналу — коливальну швидкість та тиск.

Оскільки метою є формування масиву напрямів на джерело, необхідно отримати векторне представлення даних, які у вхідному сигналі мають скалярну форму, а саме послідовність дискретних вимірів амплітуди коливань.

Для цього необхідно отримати амплітудно-частотну характеристику коливань. Різні складові вектору КШ дадуть різні кути напрямку на джерело.

З огляду на те, що векторно-фазові методи дають змогу визначити лише напрями на джерело, визначення відстані до джерела не є передбаченим в даному дослідженні.

Частотний спектр звуку — це графік залежності відносної енергії звукових коливань від частоти. На практиці звукові хвилі однієї-єдиної частоти зустрічаються рідко. Але складні звукові хвилі можна розкладати на гармоніки. Саме це й відбувається в роботі програмного продукту. Далі відбувається робота із кожною окремою гармонікою як зі складовою вхідного сигналу.

2.2. Побудова частотного спектру вхідних даних

Нехай $s(t)$ є періодичний сигнал безперервного часу, який повторюється з періодом T секунд.

Відомо, що система тригонометричних функцій (2.1) з кратними частотами утворює ортонормований базис для розкладання періодичних сигналів з періодом, для яких виконується умова Діріхле.

$$\{\varphi_n(t)\} = \left\{ \frac{1}{\sqrt{T}}, \sqrt{\frac{2}{T}} \sin(\omega_n t), \sqrt{\frac{2}{T}} \cos(\omega_n t) \right\}, \quad (2.1)$$

Умови Діріхле збіжності ряду Фур'є вимагають, щоб сигнал $s(t)$ був заданий на сегменті $[-T/2, T/2]$, при цьому задовольняв наступним умовам:

1. Сигнал повинен бути обмеженим, тобто не мати нескінченних значень.
2. Сигнал повинен бути кусково-безперервним, тобто мати кінцеве число точок розриву першого роду (скачки і переборні розриви).
3. Сигнал повинен бути кусково-монотонним, тобто повинен мати кінцеве число екстремумів.

Всі реальні періодичні сигнали, яким є вхідний сигнал програмного продукту, задовольняють умовам Діріхле і можуть бути представлені нескінченним тригонометричним рядом Фур'є виду (2.2).

$$s(t) = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} s(t) dt + \frac{2}{T} \sum_{n=1}^{\infty} \left(\cos\left(\frac{2\pi}{T} nt\right) + \sin\left(\frac{2\pi}{T} nt\right) \right), \quad (2.2)$$

Застосувавши формулу Ейлера для комплексних чисел, можна показати (2.3). Тоді тригонометричний ряд Фур'є (2.2), з урахуванням заміни (2.4) матиме вигляд (2.5).

$$\frac{a_n - jb_n}{2} e^{j\omega_n t} + \frac{a_n + jb_n}{2} e^{-j\omega_n t} = \frac{a_n - jb_n}{2} (\cos(\omega_n t) + j \sin(\omega_n t)) +$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{a_n + jb_n}{2} (\cos(\omega_n t) - j \sin(\omega_n t)) = \\
& = a_n \cos(\omega_n t) + b_n \sin(\omega_n t),
\end{aligned} \tag{2.3}$$

де

a — дійсна частина комплексного числа,

b — уявна частина комплексного числа.

$$\begin{aligned}
\omega_n &= \frac{2\pi}{T} n, \\
a_0 &= \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} s(t) dt,
\end{aligned} \tag{2.4}$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} s(t) \cos(\omega_n t) dt,$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} s(t) \sin(\omega_n t) dt,$$

$$s(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{a_n - jb_n}{2} e^{j\omega_n t} + \frac{a_n + jb_n}{2} e^{-j\omega_n t} \right), \tag{2.5}$$

З огляду на те, що вхідний сигнал є періодичним, то на одному періоді вираз для ДПФ має вигляд (2.6) [7].

$$S(k) = \sum_{n=0}^{N-1} s(n) e^{-j\frac{2\pi}{N}nk}, k = 0..N-1, \tag{2.6}$$

де

N — кількість відліків сигналу,

k — номер поточного спектрального відліку сигналу,

n — номер поточного відліку сигналу,

$S(k)$ — спектральний відлік сигналу,

$s(n)$ — вхідний відлік сигналу.

ДПФ N відлікам сигналу $s(n)$, $n = 0..N-1$ ставить у відповідність N відліків комплексного спектру $S(k)$, $n = 0..k-1$. Тут і далі в даному розділі змінна n індексує тимчасові відліки сигналу, а змінна k індексує спектральні відліки ДПФ.

Ряд Фур'є в комплексній формі являє собою розкладання періодичного сигналу $s(n)$ в суму комплексних експонент, що обертаються з позитивними і негативними частотами з відповідними комплексними коефіцієнтами $S(k)$, які визначають спектр сигналу.

Оскільки періодичні сигнали розкладаються в ряд тільки на фіксованій сітці частот, то спектр періодичних сигналів є лінійчатим (дискретним).

Для програмної реалізації алгоритмів цифрової обробки потрібні як дискретні відліки сигналу, так і дискретні відліки спектру. Відомо що дискретний, або, як ще кажуть, лінійчатий спектр, мають періодичні сигнали. При цьому дискретний спектр отримується шляхом розкладання в ряд Фур'є періодичного сигналу.

2.3. Застосування векторно-фазового методу

Нехай в однорідному середовищі у віддаленому полі приймача розташовано кілька джерел звуку, які створюють поле тиску (2.7) [8].

$$P = P_0 e^{j(\omega t + \alpha_0)}, \quad (2.7)$$

де

P_0 — амплітуда спектру тиску;

ω — фаза акустичного коливання;

t — час час коливання;

α_0 — початкова фаза коливання.

Якщо джерело одне, то справедливі відношення (2.8).

$$\begin{aligned} \rho c V_x &= P_0 \cos \varphi \sin \vartheta e^{j(\omega t + \alpha_0)} \\ \rho c V_y &= P_0 \sin \varphi \sin \vartheta e^{j(\omega t + \alpha_0)}, \\ \rho c V_z &= P_0 \cos \vartheta e^{j(\omega t + \alpha_0)} \end{aligned} \quad (2.8)$$

де

ρ — густина середовища;

c — швидкість звуку в середовищі.

Із цього випливає відношення (2.9).

$$\frac{P^2}{(V_x^2 + V_y^2 + V_z^2)} = (\rho c)^2 \quad (2.9)$$

Таким чином, для кількох джерел будуть виконуватися співвідношення (2.10).

$$\begin{aligned} \rho c V_x &= \sum_{i=1}^N P_i \cos \varphi \sin \vartheta e^{j(\omega t + \alpha_i)} \\ \rho c V_y &= \sum_{i=1}^N P_i \sin \varphi \sin \vartheta e^{j(\omega t + \alpha_i)} \\ \rho c V_z &= \sum_{i=1}^N P_i \cos \varphi \cos \vartheta e^{j(\omega t + \alpha_i)} \\ P &= \sum_{i=1}^N P_i e^{j(\omega t + \alpha_i)} \end{aligned} \quad (2.10)$$

Розглянемо однорідне безмежне середовище. У далекому полі будь-якого детермінованого джерела буде виконуватися умова (2.11) [9].

$$\Delta \varphi_{xy} = \Delta \varphi_{xz} = \Delta \varphi_{yz} = 0 \quad (2.11)$$

Коливання частинок середовища відбуваються в напрямку поширення акустичної хвилі. Тому якщо виміряти амплітуди компонентів акустичного поля (2.10), то полярний кут і азимут напрямку на джерело можна знайти зі співвідношень (2.12) [8, 9].

$$\begin{aligned} \tan \varphi_i &= \sqrt{\frac{V_{iy}^2}{V_{ix}^2}} \\ \tan \vartheta_i &= \sqrt{\frac{V_{ix}^2 + V_{iy}^2}{V_{iz}^2}} \end{aligned} \quad (2.12)$$

Частотний спектр сигналу відновлюють за допомогою Фур'є-перетворення залежностей $P(r, t)$ та $V(r, t)$ [10].

Оскільки визначення потоку акустичної потужності і його реактивної складової — операція нелінійна, їх значення в деякій смузі частот можуть бути правильно визначені лише за умови попередньої частотної фільтрації вихідних часових залежностей $P(r, t)$ та $V(r, t)$ (2.13) [11].

$$W(r, \omega) = \frac{1}{2} P(r, \omega) V^*(r, \omega) \quad (2.13)$$

2.4. Розрахунок взаємних спектрів

Метод взаємних спектрів дозволяє виділяти в записаних даних корисний сигнал шляхом розрахунку взаємних фазових зсувів у спектрах каналів. Якщо різниця фаз на частоті є постійною, то із когерентних значень можна виділити корисний сигнал, з якого, в свою чергу, можна побудувати наближену траєкторію руху.

Експерименти [12] свідчать, що наявність стратифікації середовища, сторонніх (в тому числі віддалених) джерел і різного роду неоднорідностей призводить до природної відмінності кореляційних співвідношень на різних частотах. В першу чергу це стосується вертикальної складової швидкості коливань. Зокрема, функція взаємної кореляції для одного району може становити 0,2-0,3, а для другого — 0,8-0,95, а її знак відповідає приходу енергії переважно від поверхні.

Для частоти до 300 Гц при зменшенні вітрового хвилювання анізотропія в вертикальній площині зменшується, можливо, за рахунок збільшення вкладу в реєстровані рівні віддалених джерел. Експериментальні значення коефіцієнта кореляції між P та V лежать в межах 0,2-0,8 в залежності від навколишнього середовища.

Область частот 200-400 Гц зазвичай відповідає шумам важкого судноходства.

2.5. Боротьба зі стороннім шумом

Можна розглядати як мінімум три шляхи, призводять до підвищення співвідношення сигнал/шум в результуючих даних [13]:

1. Збільшення співвідношення сигнал/шум на вході приймача (очевидно, що цей варіант практично не реалізовується в реальних умовах).
2. Усереднення в часі за послідовними виборками.
3. Усереднення за окремими частотними складовими спектра.

В результаті вдається отримати достатньо стійкі дані про просторовий розподіл вектору потоку акустичної потужності в океані.

Разом з тим спільне використання декількох каналів КПС (наприклад, горизонтальних) завдяки векторному характеру потоку акустичної потужності дозволяє розсортувати всю енергію акустичного поля за кутами, тобто сформувати результат, що зовні нагадує просторовий спектр шумів [14].

В результаті, побудова функції розподілу вектора потоку за азимутальним кутом дає додатковий вииграш у співвідношенні сигнал/перешкода в кожному кутовому секторі на виході КПС при виділенні сигналу на тлі шумів океану.

Як свідчать експерименти, при кутовому розширенні $0,5^\circ$ дисперсія напрямку на джерело має зменшитися орієнтовно на 30 дБ.

Висновки до розділу 2

Як відомо, точне вимірювання параметрів гідроакустичного поля локалізованого джерела звуку в морських умовах є виключно складним завданням. Гідроакустичне поле, створюване сучасними малозумними рухомими джерелами, має у водному середовищі складну нестационарну структуру, в результаті чого рівень звукового тиску в двох точках, рознесених лише на десяток метрів, може відрізнятись в один і той же час на 30-40 дБ. В таких умовах велике значення мають алгоритми обробки сигналів, що дозволяють за вимірюваннями в обмеженій (контрольній) області

простору (зазвичай малій в порівнянні з довжиною хвилі) визначати властивості джерела, його координати та елементи руху з подальшою їх ідентифікацією (класифікацією). Це в свою чергу вимагає все більшого вдосконалення методів і алгоритмів обробки сигналів.

Було запропоновано алгоритм локалізації напрямку на джерело гідроакустичного випромінювання.

Виділення безпосередньо азимутальних кутів напрямку приходу сигналу реалізовано за допомогою векторно-фазових перетворень.

Окрім цього, було запропоновано фільтрацію шуму. Виділення корисного сигналу відбувається за допомогою виділення когерентних складових у спектрах різних каналів. Складові, що відносяться до гармонійних коливань корисного сигналу, будуть когерентними, на відміну від динамічних шумів середовища.

Підвищення рівня сигнал/шум на виході пропонується за допомогою розбиття напрямку приходу середовища на сектори задля зменшення рівня шуму в кожному з них, та за допомогою усереднення даних за часом.

3. ОПИС ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

Для реалізації поставленої задачі треба обрати найбільш оптимальний шлях для вирішення поставлених задач. Пріоритетним критерієм вибору було забезпечити максимальну кросплатформність з огляду на те, що розробляється додаток для робочого столу, який має запускатися на якомога ширшому спектрі пристроїв. Іншим критерієм була надійність та якість інструментів. В першому підрозділі наведено короткий огляд інструментів розробки, що було обрано для реалізації продукту. В наступних деталізується структура системи та алгоритми роботи її функцій.

3.1. Засоби розробки

Систему розроблено з використанням мови програмування Java та графічної специфікації OpenGL. Користувацький інтерфейс розроблений за допомогою графічної бібліотеки Swing. Тривимірну траєкторію побудовано за допомогою бібліотеки Jzy3d, амплітудно-часові характеристики за допомогою бібліотеки JFreeChart, а для побудови спектрограм використовується графічна бібліотека AWT. Дані інструменти забезпечують максимальну кросплатформність та надійність.

2.5.1. Мова програмування Java

Мова Java — це мова програмування загального призначення, що є паралельною, класовою, об'єктно-орієнтованою, і розроблена спеціально, щоб мати якомога менше залежності від реалізації зовнішньої платформи [15]. Мова має на меті дозволити розробникам програми писати її один раз, аби вона працювала в будь-якому місці, що означає, що скомпільований код Java одразу може працювати на всіх платформах, що підтримують Java. Програми Java, як правило, збираються до байт-коду, який може працювати на будь-якій віртуальній машині Java (JVM) незалежно

від архітектури комп'ютера. Починаючи з 2016 року, Java є однією з найпопулярніших мов програмування, зокрема для веб-додатків клієнт-сервер, із близько 9 мільйонами розробників. Java була спочатку розроблена Джеймсом Гослінгом у Sun Microsystems (який з тих пір був придбаний корпорацією Oracle) і випущена в 1995 році як основний компонент платформи Java Sun Microsystems. Мова породжує більшу частину свого синтаксису з C і C ++, але має менше платформо залежних можливостей «низького рівня», ніж вищевказані мови.

Компанією Sun була випущена пропрієтарна та еталонна реалізація Java-компіляторів, віртуальних машин і бібліотек класів. Станом на травень 2007 року, відповідно до специфікацій процесу спільноти Java, корпорація Sun повторно ліцензувала більшість своїх технологій Java згідно Загальної публічної ліцензії GNU. Інші також розробляли альтернативні реалізації цих технологій Sun, такі як компілятор GNU для Java (компілятор байт-коду), GNU Classpath (стандартні бібліотеки) та IcedTea-Web (плагін для браузера для аплетів).

Остання версія — це Java 11, випущена 25 вересня 2018 року. Java 8 все ще підтримується, але не буде більше оновлень безпеки для Java 9. Версії, нижчі за Java 8, підтримуються компаніями на комерційній основі для забезпечення зворотної сумісності там, де це досі необхідно.

2.5.2. Платформа Java SE

Програма повинна виконуватись, і для цього потрібне середовище для її запуску, яке забезпечує доступ до пам'яті та інших системних ресурсів для виконання. У минулому більшість програм використовувала операційну систему (ОС) як середовище виконання. Програма покладалася на налаштування операційної системи для доступу до ресурсів [15].

Можна розглянути програмне забезпечення як серію шарів, що знаходяться вище апаратного забезпечення системи. Кожен шар забезпечує сервіси, які будуть використовуватися в шарах над ним. Віртуальна машина Java — це програмний

рівень, який працює над операційною системою комп'ютера, що надає додаткові сервіси, специфічні для Java.

Разом із Java Development Kit (JDK — набір інструментів розробки Java), Java Virtual Machine (JVM віртуальна машина Java) та Java Runtime Environment (JRE — середовище виконання Java) створюють потужну платформу Java для розробки та роботи Java-додатків.

JRE згладжує різноманітність операційних систем, гарантуючи, що Java-програми можуть працювати практично в будь-якій ОС без змін. Він також забезпечує додаткові сервіси. Автоматичне управління пам'яттю є одним з найважливіших сервісів JRE, що гарантує, що програмістам не доведеться вручну контролювати розподіл та перерозподіл пам'яті.

Практично кажучи, середовище виконання є частиною програмного забезпечення, призначеного для запуску іншого програмного забезпечення. Як середовище виконання для Java, JRE містить бібліотеки класу Java, завантажувач класів Java і віртуальну машину Java. У цій системі:

- завантажувач класів несе відповідальність за правильне завантаження класів та підключення їх до основних бібліотек класу Java;

- JVM несе відповідальність за те, щоб Java-додатки мали ресурси, необхідні для запуску та ефективного функціонування вашого пристрою чи хмарного середовища;

- JRE в основному є контейнером для цих інших компонентів і відповідає за організацію їх діяльності.

Таким чином, JRE — це свого роду мета-ОС для програм Java. Це класичний приклад абстракції, що абстрагує основну операційну систему до єдиної платформи для запуску Java-додатків.

2.5.3. Інструментарій для створення графічного інтерфейсу Swing

Бібліотека Swing — це інструментарій побудови елементів графічного інтерфейсу для Java [15]. Він є частиною бібліотеки Java Foundation Classes (JFC) — API для надання графічного інтерфейсу (GUI) для Java-програм.

Swing була розроблена, щоб забезпечити більш складний набір компонентів графічного інтерфейсу, ніж попередній інструментарій Abstraction Window (AWT). Swing забезпечує так зване «зовнішній вигляд і відчуття» — «look'n'feel», що імітує зовнішній вигляд декількох платформ, а також підтримує стильний зовнішній вигляд, який дозволяє додаткам виглядати без прив'язки до основної платформи. Він має більш потужні та гнучкі компоненти, ніж AWT. Крім знайомих компонентів, таких як кнопки, прапорці та етикетки, Swing надає кілька розширених компонентів, таких як панель вкладок, панелі прокрутки, дерева, таблиці та списки.

На відміну від компонентів AWT, компоненти Swing не реалізуються за допомогою специфічного для платформи коду. Замість цього вони повністю написані на Java і тому не залежать від платформи. Термін "легкий" використовується для опису таких елементів.

Swing — платформо-незалежний графічний інтерфейс "model-view-controller" для Java, який працює однопоточно. Крім того, ця структура забезпечує рівень абстракції між структурою коду та графічним представленням графічного інтерфейсу на основі Swing.

2.5.4. Модель делегування подій Java

Обробка подій заснована на моделі делегування подій (delegation event model). Джерело сповіщає про подію одного або кілька слухачів (listener) [15]. Слухач чекає до тих пір, поки не отримає повідомлення про подію. При отриманні слухач обробляє його і повертає управління. Слухач повинен реєструватися джерелом, щоб

отримувати сповіщення про події. Таким чином повідомлення надсилаються тільки тим слухачам, які бажають їх отримувати.

Подія — це спеціальний об'єкт, що описує зміну стану джерела. Це може бути, наприклад, натискання кнопки, введення символу з клавіатури, вибір елемента зі списку і т.д. Подія може відбуватися і без участі користувача, наприклад, при використанні таймера. Також можна створювати власні події. Джерело реєструє слухачів через окремі методи реєстрації.

Слухач (listener) — це об'єкт, який необхідно повідомляти про подію. Він повинен бути зареєстрований джерелом подій і реалізовувати методи для отримання і обробки повідомлень.

Основний клас для подій — клас *EventObject*, який містить два методи *getSource()* і *toString()*. Абстрактний клас *InputEvent* є суперкласом для події користувацького вводу і має два підкласи *KeyEvent* і *MotionEvent*. Об'єкт класу *KeyEvent* створюється при клавіатурному вводі. Клас визначає безліч цілочисельних констант для клавіш, а також різні методи.

2.5.5. Інтегроване середовище розробки IntelliJ IDEA

Середовище IntelliJ IDEA — це інтегроване середовище розробки Java (IDE) для розробки комп'ютерного програмного забезпечення [16]. Воно розроблене компанією JetBrains (раніше відома як IntelliJ), і доступне як видання, ліцензоване спільнотою Apache 2, так і в комерційному випуску. Обидві версії можуть бути використані для комерційної розробки.

Перша версія IntelliJ IDEA була випущена в січні 2001 року і була однією з перших доступних інтегрованих середовищ розробки Java із вдосконаленою навігацією по коду та рефакторингом коду.

У звіті Infoworld за 2010 рік IntelliJ отримав найвищу оцінку результатів тестування серед чотирьох провідних інструментів програмування Java: Eclipse, IntelliJ IDEA, NetBeans і JDeveloper.

У грудні 2014 року компанія Google анонсувала версію 1.0 Android Studio, IDE для відкритих джерел для додатків для Android, на основі безкоштовної версії IntelliJ IDEA. Інші середовища розробки, що базуються на системі IntelliJ, включають такі середовища, AppCode, CLion, PhpStorm, PyCharm, RubyMine, WebStorm і MPS.

Середовище розробки надає певні функції, такі як завершення коду, аналіз контексту, навігацію кодом, що дозволяє перейти до класу чи декларації в коді безпосередньо, рефакторинг коду та параметрів для виправлення невідповідностей за допомогою пропозицій.

Середовище розробки забезпечує інтеграцію з інструментами збірки та упакування, такими як grunt, bower, gradle та SBT. Воно підтримує такі системи керування версіями, як Git, Mercurial, Perforce і SVN. Доступ до баз даних, як-от Microsoft SQL Server, ORACLE, PostgreSQL та MySQL, можна отримати безпосередньо з IDE.

Середовище IntelliJ підтримує плагіни, за допомогою яких можна додати додаткові функції для IDE. Плагіни можна завантажувати та встановлювати з веб-сайту репозиторію плагінів IntelliJ або через функцію пошуку та встановлення вбудованого плагіна IDE.

2.5.6. Специфікація OpenGL

Специфікація OpenGL — (англ. Open Graphics Library — відкрита графічна бібліотека) — крос-мовний крос-платформенний інтерфейс прикладного програмування (API) для відтворення 2D та 3D векторної графіки. API, як правило, використовується для взаємодії з графічним процесором (GPU), для досягнення апаратної прискореної візуалізації.

Компанія Silicon Graphics Inc. (SGI) почала розробку OpenGL в 1991 році і випустила її 30 червня 1992 року; додатки широко використовують у сферах автоматизованого проектування (САПР), віртуальної реальності, наукової

візуалізації, візуалізації інформації, моделювання польотів та відеоігор. З 2006 року OpenGL керує неприбутковий технологічний консорціум Khronos Group.

Специфікація OpenGL описує абстрактний API для створення 2D та 3D-графіки. Незважаючи на те, що API можна повністю реалізувати в програмному забезпеченні, він призначений для реалізації переважно або повністю в апаратному забезпеченні. Дана специфікація визначається як сукупність функцій, які можуть бути викликані клієнтською програмою разом із набором іменованих констант. Хоча визначення функцій поверхнево схожі на мову програмування C, вони не залежать від мови.

Окрім незалежності від мови, OpenGL також є крос-платформною. Специфікація нічого не говорить про те, як отримати та керувати контекстом OpenGL, залишаючи це рішення за платформною. З цієї ж причини, OpenGL суто стосується малювання, не забезпечуючи API, пов'язаних із вводом, аудіо, тощо..

OpenGL — це API, що розвивається. Khronos Group регулярно випускає нові версії специфікацій OpenGL, кожна з яких розширює API для підтримки різних нових функцій. Деталі кожної версії визначаються консенсусом між членами Групи, що включає виробників графічних карт, дизайнерів операційних систем та загальних технологічних компаній, таких як Mozilla та Google.

На додаток до функцій, що вимагаються базовим API, постачальники графічного процесора (GPU) можуть надавати додаткові функції у вигляді розширень. Розширення можуть вводити нові функції та нові константи, а також можуть змінювати обмеження на існуючі функції OpenGL. Постачальники можуть використовувати розширення для користувацьких API, не потребуючи підтримки від інших постачальників або групи Khronos Group в цілому, що значно підвищує гнучкість OpenGL.

2.5.7. Побудова тривимірних графіків за допомогою бібліотеки Jzy3d

Jzy3d — це бібліотека з відкритим вихідним кодом, яка дозволяє легко створювати тривимірні наукові дані: поверхні, ділянки розсіювання, діаграми та

багато інших тривимірних примітивів [17]. API забезпечує підтримку інтерактивних діаграм, з кольоровими панелями, підказками та накладами. Масові осі та графіки можуть бути повністю налаштовані та вдосконалені.

Бібліотека дозволяє легко розробляти нативні діаграми OpenGL в Windows, Unix, MacOS та інтегрувати їх у Swing, AWT, SWT або JavaFX. Різні учасники спільноти також зробили Jzy3d доступними для інших мов / платформ, таких як Scala, Groovy, Matlab, C#.

2.5.8. Побудова двовимірних графіків за допомогою бібліотеки JFreeChart

Бібліотека JFreeChart — відкрита бібліотека для мови програмування Java, що спрощує створення різноманітних складних діаграм [18]. Через різноманітні методи набору класів надає майже повний контроль над областю діаграми. Так реалізовані механізми збільшення/зменшення, обробки подій, можливості створення кількох діаграм на одній області, текстові підказки, задання вигляду кривих, точок та фону і т.п.

Для створення діаграми необхідно здійснити три наступні кроки:

1. Створити набір даних (dataset).
2. Створити об'єкт JFreeChart, який відповідатиме за виведення діаграми.
3. Додати діаграму на якусь графічну компоненту (наприклад, панель).

2.5.9. Робота з графічними об'єктами за допомогою бібліотеки Abstract Window Toolkit

Пакет Abstract Window Toolkit (AWT — абстрактний віконний пакет інструментів) — це оригінальний пакет класів мови програмування Java, що передував Swing. AWT є частиною класів Java Foundation (JFC) — стандартного API для надання графічного інтерфейсу користувача (GUI) для програми Java. AWT також являє собою інструментарій GUI для ряду профілів Java ME. Наприклад, профілі

конфігурації підключеного пристрою вимагають платформи Java на мобільних телефонах, щоб підтримувати набір інструментів Abstract Window.

Коли Sun Microsystems вперше випустила Java у 1995 році, віджети AWT забезпечували тонкий рівень абстракції над базовим користувацьким інтерфейсом. Наприклад, створення прапорця AWT може викликати AWT безпосередньо, щоб викликати основну нативну підпрограму, яка створила прапорець. Однак прапорець у Microsoft Windows не збігається з прапорцем у Mac OS або на різних типах Unix. Деякі розробники додатків віддають перевагу цій моделі, оскільки забезпечують високу ступінь вірності базовому наборові інструментів для вікон і бездоганній інтеграції з рідними програмами. Іншими словами, програма графічного інтерфейсу, написана з використанням AWT, виглядає як оригінальна програма Microsoft Windows при роботі в ОС Windows, однак та сама програма виглядає як рідний додаток Apple Macintosh під час запуску на Mac і т.д. Однак деякі розробники програм не люблять цю модель, оскільки вони вважають за краще, щоб їхні програми виглядали однаково на кожній платформі.

У J2SE 1.2 набір інструментів Swing багато в чому замінив віджети AWT. Окрім забезпечення більш насиченим набором віджетів інтерфейсу, Swing залучає власні віджети (за допомогою Java 2D для виклику в підпрограмах низького рівня в локальній підсистемі графіки) замість того, щоб спиратися на модуль користувацького інтерфейсу високого рівня операційної системи.

3.2. Структура розробленої системи

Програма містить 4 основних класи (рисунки 4.1) — мають світлі заголовки, що реалізують та використовують низку службових класів, які мають темні заголовки:

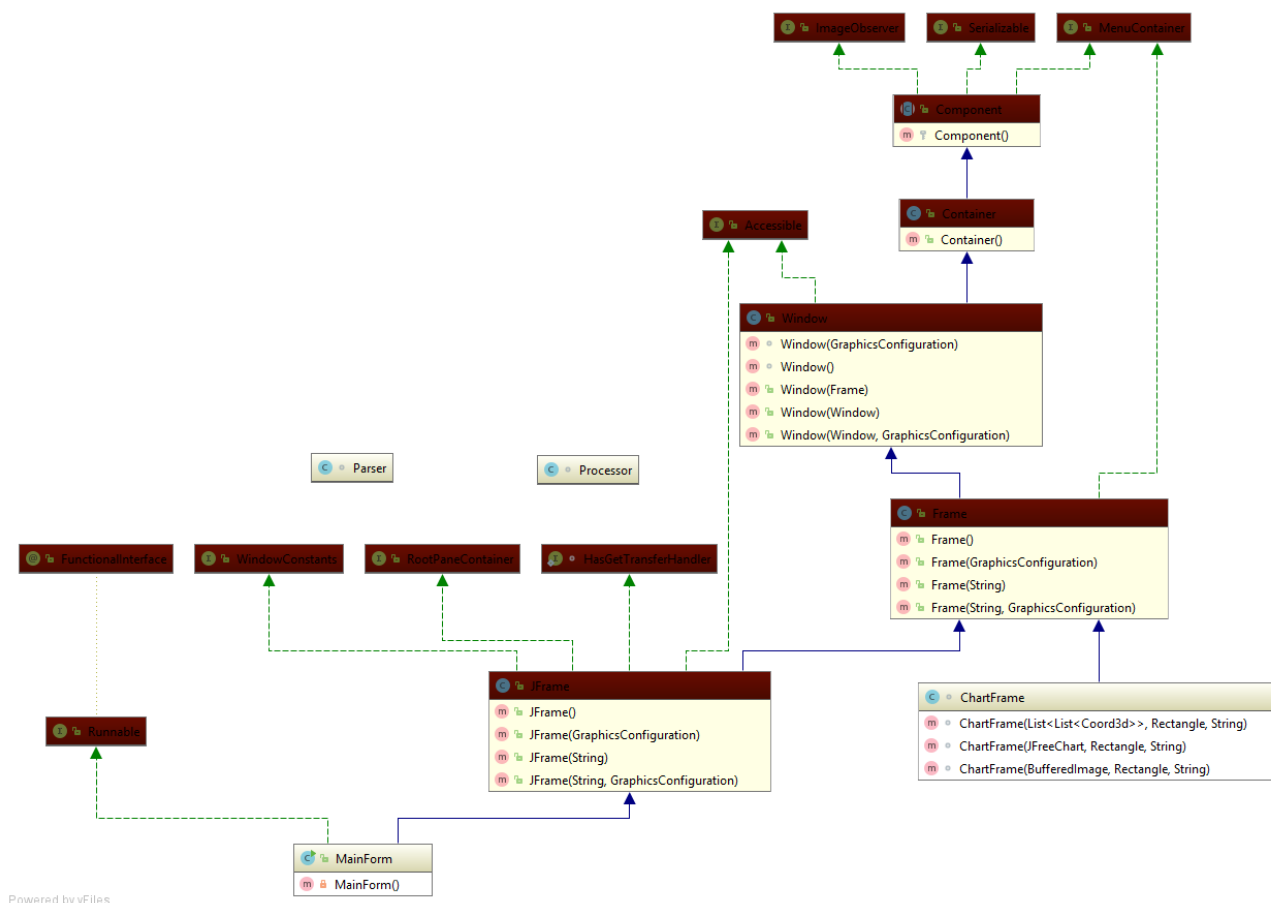


Рисунок 3.1 — Діаграма класів

1. Клас `MainForm` — головна форма програми. Відповідає за графічний інтерфейс, обробку дій користувача, та виклик усіх класів обробки зображень. Працює в окремому потоці, а тому реалізує інтерфейс `Runnable`.

2. Клас `ChartFrame` — допоміжний клас, що за готовими даними будує графіки всіх типів в окремих вікнах.

3. Клас `Parser` — статичний клас-утиліта, що виконує всі види зчитування та перетворення даних між різними вхідними форматами.

4. Клас `Processor` — статичний клас-утиліта, що реалізує обробку даних векторно-фазовим алгоритмом та алгоритмами фільтрації.

3.3. Обробка вхідних даних

Звук складається з коливань, які після оцифрування набувають ступінчастий вигляд. Цей вид обумовлений тим, що комп'ютер може відтворювати в будь-який

короткий проміжок часу звук певної амплітуди (гучності) і цей короткий момент далеко має тривалість. Тривалість цього проміжку і визначає частота дискретизації. Наприклад, у файл з частотою дискретизації 44.1 Гц означає, що такий проміжок часу дорівнює 1/44100 секунди. Сучасні звукові карти підтримують частоту дискретизації до 192 кГц.

Від амплітуди (гучності звуку в короткому проміжку часу) залежить точність звуку. Амплітуда займає в пам'яті 8, 16, 24, 32 біт (теоретично можна і більше). Як відомо, 8 біт = 1 байту, отже, якась одна амплітуда в якийсь короткий проміжок часу в пам'яті може займати 1, 2, 3, 4 байта відповідно. Таким чином, чим більше число займає місця в пам'яті, тим більше діапазон значень для цього числа, а значить і для амплітуди:

- 1 байт — 0..255;
- 2 байти — 0..65 535;
- 3 байти — 0..16 777 216;
- 4 байти — 0..4 294 967 296.

У моно варіанті значення амплітуди розташовані послідовно. У стерео ж, наприклад, спочатку йде значення амплітуди для лівого каналу, потім для правого, потім знову для лівого і так далі. Сукупність амплітуди та короткого проміжку часу носить назву семпл. В загальному вигляді, довільне значення амплітуди довільного каналу кількаканального файлу знаходиться у семплі, номер якого можна визначити за формулою (3.1) [19].

$$A = (N - 1) * K + M, \quad (3.1)$$

де

A — номер семплу в рамках файлу, що містить шукану амплітуду,

N — номер шуканого семплу в рамках одного каналу,

K — кількість каналів у файлі,

M — номер каналу, в якому відбувається пошук семплу.

В даній роботі розглядається чотириканальний файл. Кожен із 4 каналів містить значення амплітуд в послідовні проміжки часу для відповідної фізичної характеристики:

1. Тиск Р.
2. Горизонтальна проекція вектору швидкості V_x .
3. Горизонтальна проекція вектору швидкості V_y .
4. Вертикальна проекція вектору швидкості V_z .

3.4. Побудова частотного спектру

Перша згадка про алгоритм розкладання функцій в тригонометричний ряд, в якому використовувалися властивості періодичності тригонометричних функцій для прискореного розрахунку, належить до робіт Гауса. На цю роботу довгий час ніхто не звертав уваги, до тих пір поки алгоритми ШПФ не отримали широкого поширення. Перша програмна реалізація алгоритму ШПФ була здійснена на початку 60-х років ХХ століття Джеймсом Кулі в обчислювальному центрі ІВМ під керівництвом Джона Тьюкі, а в 1965 році, ними ж, була опублікована стаття [20], присвячена алгоритму швидкого перетворення Фур'є. З цього моменту ШПФ стає основним інструментом спектрального аналізу сигналів.

Розглянемо вираз (3.2) для дискретного перетворення Фур'є.

$$S(k) = \sum_{n=0}^{N-1} s(n) e^{-j \frac{2\pi}{N} nk}, k = 0..N-1, \quad (3.2)$$

де

N — кількість відліків сигналу,

k — номер поточного спектрального відліку сигналу,

n — номер поточного відліку сигналу,

$S(k)$ — спектральний відлік сигналу,

$s(n)$ — вхідний відлік сигналу.

ДПФ N відлікам сигналу $s(n)$, $n = 0..N-1$ (в загальному випадку комплексного) ставить у відповідність N комплексних спектральних відліків $S(k)$, $k = 0..N-1$. Для обчислення одного спектрального відліку потрібно N операцій комплексного множення і додавання. Таким чином, обчислювальна складність алгоритму ДПФ становить N^2 операцій комплексного множення і додавання.

Оскільки складність алгоритму зростає квадратично щодо розміру вхідного сигналу, можна досягти суттєвого прискорення обчислення, якщо нам вдасться звести розрахунок N -точкового ДПФ до двох $N/2$ -точкових ДПФ.

Заміна одного N -точкового ДПФ двома $N/2$ -точковими ДПФ призведе до зменшення кількості операцій в 2 рази, але додатково потрібні операції поділу послідовності на дві і об'єднання двох $N/2$ -точкових ДПФ в одне N -точкове.

При цьому кожне з $N/2$ -точкових ДПФ також можна обчислити шляхом заміни $N/2$ -точкового ДПФ на два $N/4$ -точкових, які, в свою чергу, можна розрахувати через $N/8$ -точкові ДПФ. Цю рекурсію можна продовжувати, поки можливо розбити вхідну послідовність на дві.

У загальному випадку, якщо $N = 2^L$, L — це додатне ціле, то можна розділити послідовність навпіл L разів.

Алгоритми ШПФ, які використовують вибірки довжиною $N = 2^L$, називаються «алгоритмами ШПФ по основі 2». Дані алгоритми набули найбільшого поширення через їх високу ефективність і відносну простоту програмної реалізації.

Для написання даного програмного продукту використовувався один з найбільш поширених алгоритмів ШПФ: ШПФ по основі два з проріджуванням по часу.

Введемо поворотні коефіцієнти ДПФ (3.3).

$$W_N^k = e^{-j\frac{2\pi}{N}k}, k = 0..N-1, \quad (3.3)$$

де

N — кількість відліків сигналу,

k — номер поточного спектрального відліку сигналу.

Тоді вираз (3.2) з урахуванням (3.3) приймає більш спрощений вигляд (3.4).

$$S(k) = \sum_{n=0}^{N-1} s(n) W_N^{nk}, k = 0..N-1, \quad (3.4)$$

де

N — кількість відліків сигналу,

k — номер поточного спектрального відліку сигналу,

n — номер поточного відліку сигналу,

$S(k)$ — спектральний відлік сигналу,

$s(n)$ — вхідний відлік сигналу,

W_N^{nk} — поворотний коефіцієнт на даному кроці.

Проріджування за часом полягає в поділі вихідної послідовності $s(n)$, $n = 0..N-1$, на дві послідовності половинної тривалості $s_0(m)$ і $s_1(m)$, $m = 0..N/2-1$, таким чином, що $s_0(m) = s(2m)$, а $s_1(m) = s(2m+1)$. Послідовність $s_0(m)$ містить відліки з парними індексами, а $s_1(m)$ — з непарними.

Розглянемо ДПФ (3.5) прорідженого за часом сигналу.

$$S(k) = \sum_{m=0}^{N/2-1} s(2m) W_N^{2mk} + \sum_{m=0}^{N/2-1} s(2m+1) W_N^{(2m+1)k} = \sum_{m=0}^{N/2-1} s(2m) W_N^{2mk} + \\ + W_N^k \sum_{m=0}^{N/2-1} s(2m+1) W_N^{2mk}, k = 0..N-1, \quad (3.5)$$

Якщо розглянути тільки першу половину ДПФ (3.5), а також врахувати (3.6),

$$W_N^{2mk} = e^{-j\frac{2\pi}{N}2mk} = e^{-j\frac{2\pi}{N}mk} = W_{\frac{N}{2}}^{mk}, \quad (3.6)$$

то (3.5) перетвориться до виду (3.7).

$$S(k) = \sum_{m=0}^{N/2-1} s(2m) W_{\frac{N}{2}}^{mk} + W_N^k \sum_{m=0}^{N/2-1} s(2m+1) W_{\frac{N}{2}}^{mk} = S_0(k) + \\ W_N^k S_1(k), \quad k = 0.. \frac{N}{2} - 1, \quad (3.7)$$

Таким чином, проріджування за часом можна вважати алгоритмом розподілу послідовності на дві послідовності половинної тривалості. Перша половина ДПФ є сумою ДПФ «парної» послідовності і ДПФ «непарної» послідовності, помноженої на поворотні коефіцієнти W_N^k .

Проаналізуємо тепер другу половину ДПФ (3.5) у виразі (3.8).

$$S\left(k + \frac{N}{2}\right) = \sum_{m=0}^{\frac{N}{2}-1} s(2m)W_N^{2m(k+\frac{N}{2})} + \sum_{m=0}^{\frac{N}{2}-1} s(2m+1)W_N^{(2m+1)(k+\frac{N}{2})},$$

$$k = 0.. \frac{N}{2} - 1, \quad (3.8)$$

Розглянемо більш докладно поворотні коефіцієнти із (3.8) у (3.9) і (3.10).

$$W_N^{2m(k+\frac{N}{2})} = W_N^{2mk}W_N^{2m\frac{N}{2}} = W_N^{mk}W_N^{mN} = W_N^{mk}, \quad (3.9)$$

$$W_N^{(2m+1)(k+\frac{N}{2})} = W_N^{2mk}W_N^{2m\frac{N}{2}}W_N^kW_N^{\frac{N}{2}} = -W_N^kW_N^{mk}, \quad (3.10)$$

Тоді вираз (3.8) з урахуванням (3.9) і (3.10) набуває вигляду (3.11).

$$S\left(k + \frac{N}{2}\right) = \sum_{m=0}^{\frac{N}{2}-1} s(2m)W_N^{mk} - W_N^k \sum_{m=0}^{\frac{N}{2}-1} s(2m+1)W_N^{mk} = S_0(k) - W_N^k S_1(k),$$

$$k = 0.. \frac{N}{2} - 1, \quad (3.11)$$

Таким чином, (3.7) і (3.11) остаточно описують процедуру об'єднання ДПФ. Вони об'єднують два $N/2$ -точкових ДПФ проріджених сигналів половинної тривалості в результуюче N -точкове ДПФ вихідного сигналу.

Розглянутий алгоритм являє собою процедуру об'єднання для розрахунку N -точкового ДПФ, через два $N/2$ -точкових ДПФ парної і непарної проріджених послідовностей.

Така ж процедура застосовується в програмному продукті для розрахунку кожного з N/M -точкових ДПФ і через два $N/2M$ -точкових ДПФ. Тоді для $N = 2^L$ можна зробити $L-1$ етап поділу послідовності на «парну» і «непарну» і після цього проводити об'єднання спектру L за етапів.

Висновки до розділу 3

Розроблений програмний продукт являє собою систему, написану мовою програмування Java. Користувацький інтерфейс розроблено засобами бібліотеки

класів Java, а саме з використанням графічної бібліотеки Swing. Побудову спектрограм реалізовано також за допомогою графічного пакету Java — AWT. Використання таких нативних технологій забезпечує швидкість роботи та надійність і зручність інтеграції модулів.

Для побудови ж двовимірних графіків та тривимірної траєкторії залучено сторонні бібліотеки, з огляду на те, що мова Java має досить обмежену підтримку двовимірних графіків та лише базову підтримку тривимірної графіки. До того ж, стандартні інструменти не є достатньо оптимізованими та не призначені для обробки такого значного об'єму даних, що потребує програмний продукт.

В той же час, використані сторонні бібліотеки мають вбудовану інтеграцією із мовою Java. Це дозволяє максимально наблизити їх використання до використання стандартної бібліотеки класів.

Таким чином, для побудови системи було обрано максимально оптимальні інструменти із інфраструктури мови Java. Критерієм вибору самої мови Java було забезпечення максимальної кросплатформності.

4. МЕТОДИКА РОБОТИ КОРИСТУВАЧА З СИСТЕМОЮ

Розроблена програмна система являє собою додаток для персонального комп'ютера та запускається у середовищі Java одразу для виконання.

4.1. Інсталяція та налаштування програмного продукту

Для роботи програмного продукту необхідне виконання мінімальних системних вимог:

- IBM-сумісний комп'ютер з процесором класу Intel Core та вище й тактовою частотою 2.1 ГГц;
- об'єм оперативної пам'яті не менше 4 Гб;
- об'єм відео пам'яті не менше 512 Мб.

Для встановлення програмного продукту потрібна наявність системних засобів платформи Java SE Runtime Environment версії 7 або вище. Після цього програма готова для запуску подвійним кліком миші на ярлику та використання.

4.2. Сценарій роботи користувача з системою

Після запуску користувач бачить перед собою головну форму (рисунок 5.1). Головна форма системи містить поля вводу параметрів обробки:

Кількість каналів:	4 (0: P, 1: Vx, 2: Vy, 3: Vz)
Частота вхідного файлу (Гц):	4096
Частота квантування (Гц):	256
Відсікати дані, що перевищують дисперсію у (разів):	2
Допустиме відхилення різниці фаз (градусів):	15
Мінімальна кореляція:	0,8
Обрати файл	
Побудувати траєкторію	

Рисунок 4.1 — Головна форма додатку

- кількість каналів у вхідному звуковому файлі та їх фізичний зміст (не підлягає редагуванню, представлене для ознайомлення);
- частота дискретизації вхідного файлу;
- частота квантування проведення спектрального аналізу (має бути степінь 2 для роботи ШПФ);
- поріг відсікання даних, що виключаються з процесу побудови траєкторії;
- допустиме відхилення різниці фаз для групування значень за джерелами;
- мінімальне значення функції когерентності для значень, що мають відноситися до одного джерела.

При натисканні кнопки «Обрати файл» виводиться діалогове вікно вибору вхідного файлу (рисунок 5.2), а після успішного обирання активується кнопка «Побудувати траєкторію», що дозволяє запустити програму на виконання.

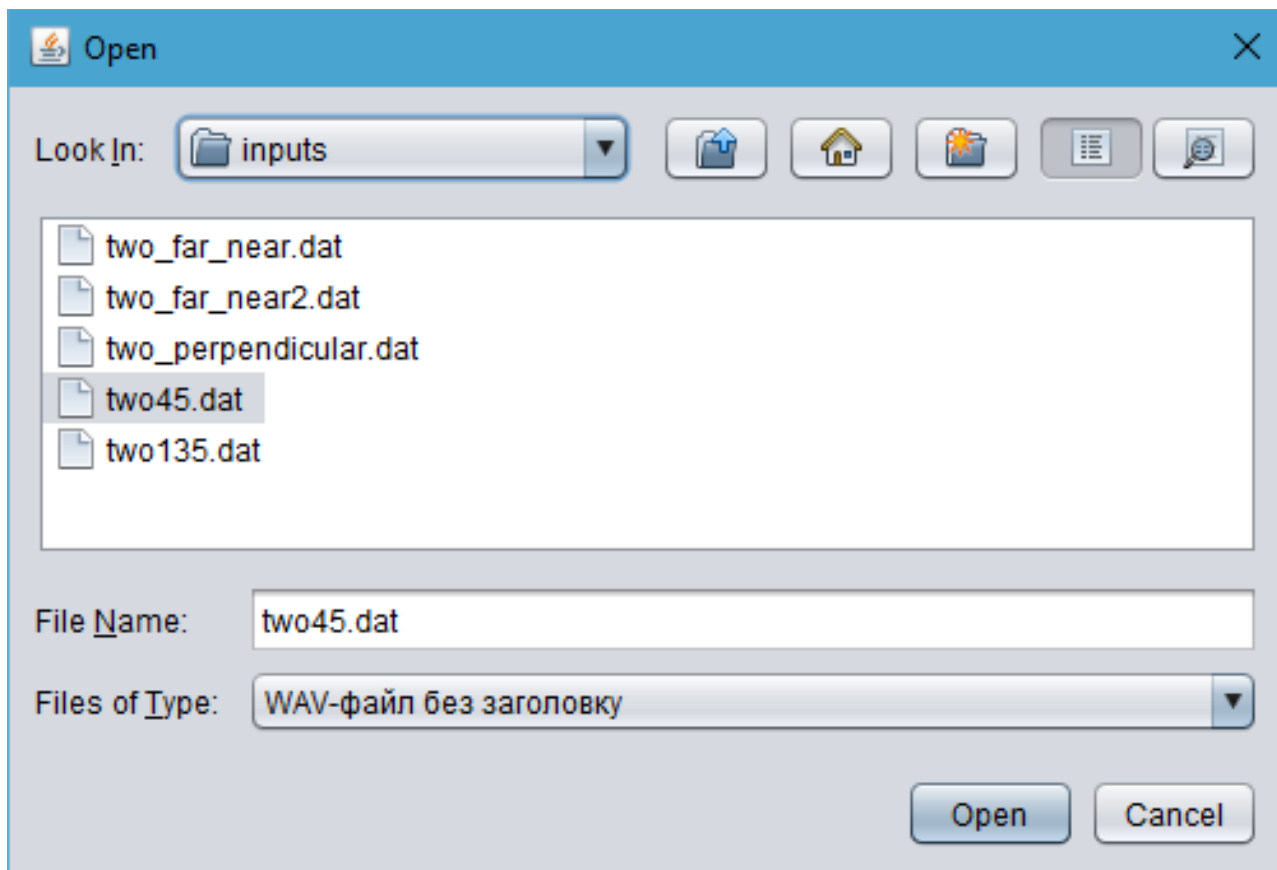


Рисунок 4.2 — Діалогове вікно вибору вхідного файлу

Після того, як програму запущено, у процесі обробки сигналу починають відображатися вікна з проміжною інформацією. Спочатку відображаються 4 графіки з амплітудно-часовими характеристиками кожного з каналів вхідного файлу (рисунок 5.3). На осі абсцис представлено час, а на осі ординат — амплітуду вхідного файлу в цей момент часу.

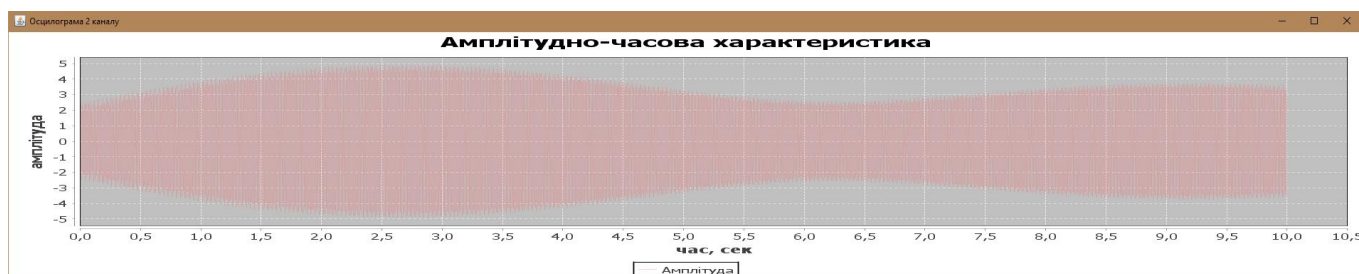


Рисунок 4.3 — Амплітудно-часова характеристика одного каналу

Після цього відображаються 4 спектрограми кожного з каналів вхідного файлу (рисунок 5.4). На осі абсцис представлено час, а на осі ординат — спектр вхідного файлу в цей момент часу.

Уздовж осі ординат розташовані частоти спектру (діапазон визначається введеною частотою квантування). Колір точки на перетині певних часу та частоти відображає інтенсивність даної частотної складової у спектрі на даний час. Що ближче колір до червоного, то інтенсивність вище, що ближче до зеленого — то вона нижче.

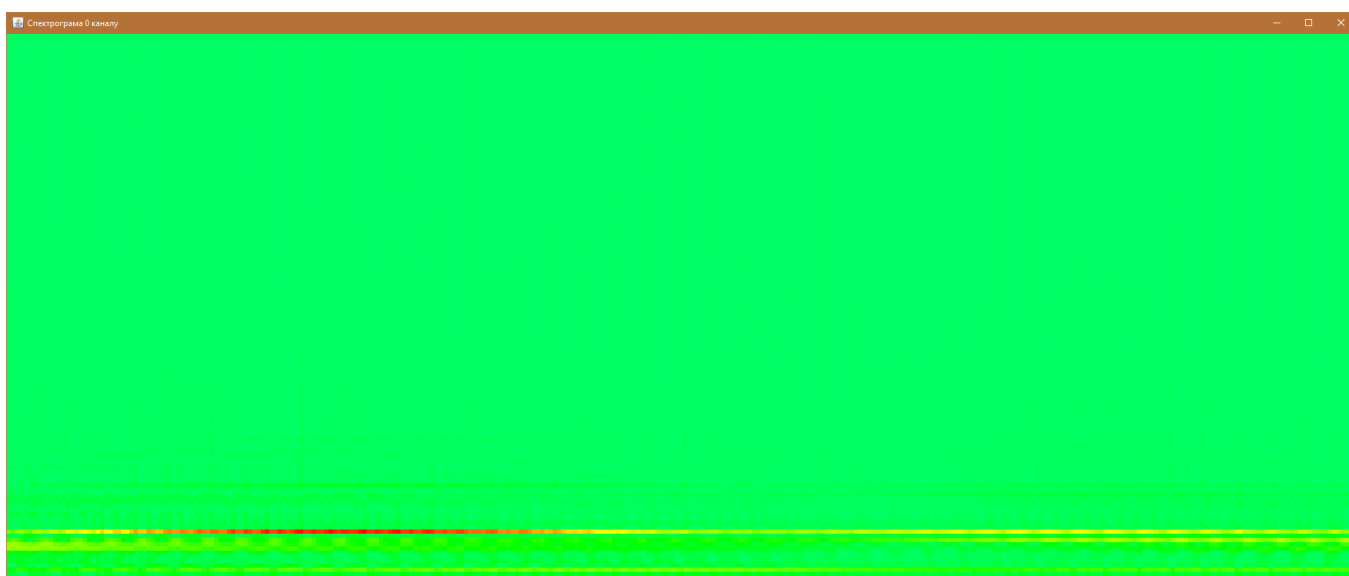


Рисунок 4.4 — Спектрограма одного каналу

Коли програма закінчує свою роботу, будується траєкторія руху об'єкту. Траєкторія будується у тривимірній системі координат. Спостерігач (гідрофон) розташований на початку координат.

Слід зазначити, що траєкторія містить певні артефакти, що є результатом аналізу частини сторонніх шумів серед корисного сигналу, які не вдалося відфільтрувати допоміжними методами.

Також відстані можуть не відповідати дійсності з огляду на те, що визначення відстані до об'єкта в даному методі не є можливим.

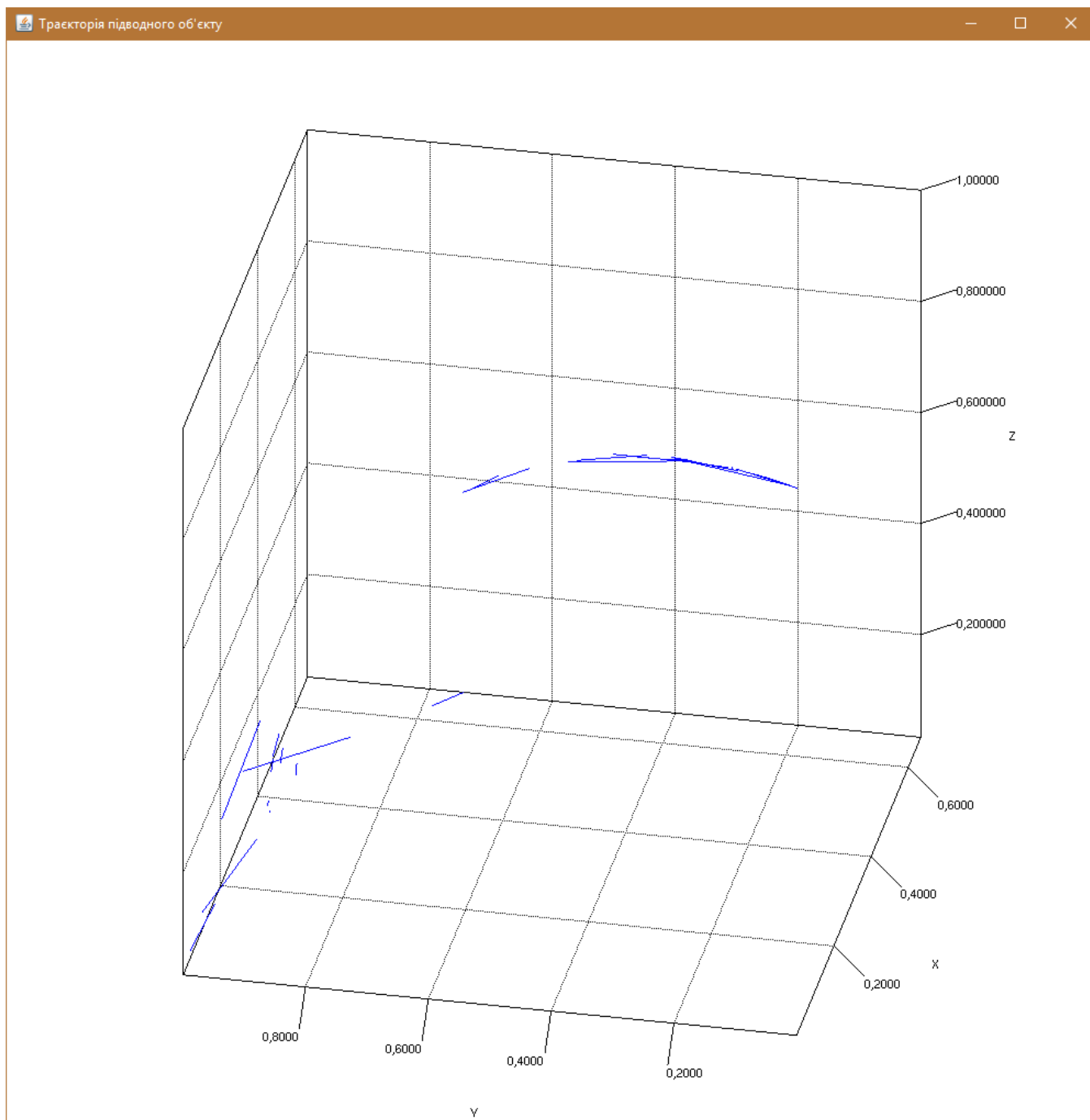


Рисунок 4.5 — Траєкторія підводного об'єкту

Завдяки тому, що додаток кросплатформний, його інтерфейс адаптується під візуальну схему за замовчуванням операційної системи.

Висновки до розділу 4

Інтерфейс розробленого програмного продукту є інтуїтивно зрозумілим. Всі параметри, доступні для налаштування, розташовано одразу на головній формі, без потреби шукати їх. Діалогове вікно відкриття вхідного файлу не дозволяє відкривати сторонні файли, зменшуючи можливість помилок. Візуалізація процесу роботи відбувається у великих повнорозмірних вікнах.

Таким чином, розробленим програмним продуктом можна користуватися без попередньої підготовки, маючи лише базові навички взаємодії із комп'ютером. Це дозволяє суттєво економити на навчанні операторів у разі промислового впровадження програмного продукту.

У разі особистого користування чи використання в рамках колективу малого розміру, програмний продукт не має жодних бар'єрів для входу користувачів.

Таким чином, користувачами системи можуть бути як індивідуальні користувачі, зацікавлені в автоматичному відновленні траєкторії руху морських об'єктів векторно-фазовим методом, так і дослідники, що хочуть дослідити відновлення траєкторії руху морських об'єктів векторно-фазовим методом за різних умов та з різними параметрами, так і підприємства, де дану роботу виконують оператори. В останньому випадку оператори не потребують додаткового навчання, що є суттєвою перевагою.

5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ

Розділ має на меті проведення маркетингового аналізу стартап проекту для визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації цього впровадження [21]. Проведення маркетингового аналізу передбачає виконання нижченаведених кроків.

5.1. Опис ідеї проекту

В межах підпункту слід проаналізувати та подати у вигляді таблиць:

- зміст ідеї (що пропонується);
- можливі напрямки застосування;
- основні вигоди, що може отримати користувач товару;
- чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників.

Перші три пункти подаються у вигляді таблиці (таблиця 5.1) і дають цілісне уявлення про зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки.

Таблиця 5.1. Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Відновлення траєкторії руху морських об'єктів за записаними попередньо гідроакустичними даними	1. Автоматизовані системи охорони морських об'єктів	1. Детектування рухомих об'єктів
	2. Військові системи морського стеження	2. Стеження за акваторією у розвідувальних цілях

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї (чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників) порівняно із пропозиціями конкурентів передбачає:

Визначення переліку техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї [22].

Визначення попереднього кола конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводиться збір інформації щодо значень техніко-економічних показників [23] для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку.

Проводиться порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначаються показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (таблиця 5.2) [24].

Таблиця 5.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик

№ п/п		(потенційні) товари/концепції конкурентів	
		Мій проект	Системи активної локації
1	W слабкі сторони	Відсутність визначення відстані до об'єкту	Можливість визначення відстані до об'єкту
2		Затримка детектування на кілька десятків секунд	Детектування в реальному часі
3	N нейтральні сторони	Необхідність фільтрації шуму на записах	Необхідність фільтрації сигналів, відбитих від сторонніх перешкод
4	S сильні сторони	Непомітність завдяки відсутності випромінювання	Загроза виявлення за випромінюванням
5		Недорога відносна собівартість конструкції гідроакустичної станції	Дорога відносна собівартість конструкції гідроакустичної станції

5.2. Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу необхідно провести аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту [25]. Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових (таблиця 5.3):

За якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту.

Чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/добробити.

Чи доступні такі технології авторам проекту.

Таблиця 5.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Інтерфейс користувача	Пакет утиліт Java SE, графічна бібліотека OpenGL, графічна бібліотека JFreeChart	Наявна	Умовно безкоштовно
2	Алгоритм отримання частотних характеристик із вхідного запису	Мова програмування Java	Наявна	Безкоштовно
3	Алгоритм фільтрації шуму на частотних характеристиках	Мова програмування Java	Наявна	Безкоштовно
4	Алгоритм формування траєкторії руху	Мова програмування Java	Наявна	Безкоштовно

За результатами аналізу таблиці робиться висновок щодо можливості технологічної реалізації проекту: так чи ні, а також технологічного шляху, яким це доцільно зробити (з поміж названих технологій обираються такі, що доступні авторам проекту та є наявними на ринку) [26].

Висновок: проект реалізувати можливо.

Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Кроссплатформний клієнтський додаток із графічним інтерфейсом, налаштуваннями алгоритму та візуалізацією результату.

5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища [27], потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Спочатку проводиться аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 5.4).

Таблиця 5.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	20000 грн
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає

Таблиця 5.4 (продовження)

4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Необхідність брати участь у тендерах у випадку продажу юридичним особам
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Існують у випадку продажу юридичним особам
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	50 %

Надалі визначаються потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формується орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 5.5).

Таблиця 5.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Можливість підводної локації, яка буде непомітною для сторонніх об'єктів	Оборонна промисловість	Виробництва, що працюють в оборонній сфері, мають підвищені стандарти якості та надійності	стабільність роботи; невисока ціна; наявність документації; підтримка необхідних платформ

Таблиця 5.5 (продовження)

2	Дослідження підводної локації векторно- фазовим методом	Науково-дослідні лабораторії та індивідуальні дослідники	Дослідження потребують великий спектр налаштувань для проведення досліджень у різноманітних умовах	невисока ціна; можливість додавання функціональності; підтримка необхідних платформ
---	--	---	---	--

Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку) порівнюється із банківським відсотком на вкладення. За умови, що останній є вищим, можливо, має сенс вкласти кошти в інший проект.

За результатами аналізу таблиці робиться висновок щодо того, чи є ринок привабливим для входження за попереднім оцінюванням [28].

Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту [29], та факторів, що йому перешкоджають (таблиці 5.6-5.7).

Надалі проводиться аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку. Аналіз пропозиції необхідно виконати аналізуючи існуючі види конкуренції.

Таблиця 5.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Підходить для аналізу чотириканальних записів	Потребує визначеного формату вхідних даних	Розширення діапазону вхідних даних, що є записами з окремих каналів, з наступним програмним об'єднанням каналів

Таблиця 5.6 (продовження)

2	Обмеженість виводу проміжної інформації під час процесу аналізу	Інструмент може не відображати деякої проміжної інформації, що відображають конкуренти	Додавання деталізації журналізації за потреби в нових версіях
3	Обмеженість функцій	Інструмент обмежений наявними функціями і може не мати деяких функцій, які мають конкуренти	Додавання нових функцій за потреби в нових версіях

Впровадження стартапу до проекту надає наступні можливості:

— незалежність від операційної системи. Це надає велику перевагу, адже покриває широкий ринок;

— недоліки в існуючих альтернативах — відсутність всієї повноти налаштувань в альтернативних системах.

Таблиця 5.7. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Незалежність від операційної системи	Можна використовувати різноманітні операційні системи із встановленим Java Runtime Environment	Вихід на ринки всіх операційних систем
2	Недоліки в існуючих альтернативах	Існуючі альтернативи не є орієнтованими на дослідження та не мають усієї повноти налаштувань	Модифікація існуючих платформ

Аналіз пропозицій зображено на таблиці 5.8.

Таблиця 5.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Тип конкуренції — олігополія	Високий поріг входу в оборонну промисловість	Участь в тендерах, презентація продукту на оборонних виставках
За рівнем конкурентної боротьби — національний	Оборонна промисловість є однорідною в національних масштабах	Просування товару по всій країні
Конкуренція за видами товарів — товарно-видова	Конкуренція з усіма товарами, що пропонують підводну локацію	Розповідати про свої переваги перед конкурентом у даній галузі
За характером конкурентних переваг — цінова	Залежить від ціни	Оптимізація собівартості товару, що дає суттєвий вииграш у ціні у великих об'ємах закупівель
За інтенсивністю — марочна	Створення бренду за рахунок впізнаваної функціональності	Надання функцій, які не надають конкуренти, оптимізація функцій, що мають конкуренти

Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (таблиця 5.9).

На основі аналізу конкуренції, проведеного в таблиці 5.9, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 5.2), вимог споживачів до товару

та факторів маркетингового середовища (таблиця 5.6-5.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності [30] (таблиця 5.10).

Таблиця 5.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Підприємства оборонної промисловості	Системи активної локації	Мінімізація витрат часу постачальників	Контроль якості	Лояльність споживачів
Висновки	Інтенсивність конкурентної боротьби з боку прямих конкурентів є досить високою	Є можливості виходу на ринок, оскільки існуючі рішення не надають потрібних переваг	Постачальники підлаштовуються під ринок	Клієнти диктують вимоги згідно з умовами експлуатації	Обмеження для роботи на ринку через товари заміни

За визначеними факторами конкурентоспроможності (таблиця 5.10) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (таблиця 5.11)

Таблиця 5.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Орієнтація на оборонну промисловість	Головна конкурентна перевага продукту — непомітна підводна локація — є максимально актуальною в оборонній промисловості, а в промислових об'ємах закупівель товар даватиме вииграш у ціні перед конкурентами

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу [31] (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (таблиця 5.12) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (таблиця 5.11).

Таблиця 5.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з даним продуктом						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Орієнтація на предметну область непомітної підводної локації	17		+					
2	Ціна	20	+						

Таблиця 5.12. SWOT-аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <p>Огляд існуючих програмних рішень показує, що акцент робиться на активну підводну локацію, як більш точну, тим самим зміщується з пасивної локації. Тому непомітна локація є сильною стороною даного продукту.</p> <p>Низька собівартість за рахунок використання умовно безкоштовних технічних засобів дає суттєвий вииграш у ціні великих партій товару</p>	<p>Слабкі сторони:</p> <p>Недоліки пасивної локації — відсутність визначення відстані до об'єкту та необхідність аналізу даних за певний проміжок часу, тобто із певною затримкою від реального часу</p>
<p>Можливості:</p> <p>Можливе продовження розробки проекту після підписання договору на постачання, за спеціальними вимогами покупця. Таким чином, використати бізнес-модель довготривалої підтримки продукту</p>	<p>Загрози:</p> <p>Високий поріг входу на ринок через специфіку галузі споживача</p>

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення [32-34].

Таблиця 5.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Імовірність отримання ресурсів	Термін реалізації
1	Орієнтація поточної моделі на ринок стартаперів	25 %	8 год
2	Орієнтація поточної моделі на ринок оборонної промисловості	75 %	168 год
3	Орієнтація поточної моделі на ринок підприємств	50 %	72 год
4	Орієнтація поточної моделі на індивідуальних дослідників	60 %	120 год
5	Орієнтація поточної моделі на веб-розробку	30 %	96 год

Альтернатива, де отримання ресурсів є більш простим та імовірним — №2 «Орієнтація поточної моделі на ринок оборонної промисловості», що становить 75 відсотків. Це значення перевищує інші альтернативи.

Альтернатива, де строки реалізації є більш стислими — №4 «Орієнтація поточної моделі на індивідуальних дослідників». Терміни реалізації в цьому разі становлять 120 годин.

5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (таблиця 5.14).

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) автори ідеї стратегії обирають цільові групи, для яких вони пропонуватимуть свій товар, та визначають стратегію охоплення ринку [34].

Таблиця 5.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Індивідуальні дослідники та лабораторії	Готові	Високий	Низька	Просто
2	Оборонна промисловість	Потребують недовгих переговорів	Середній	Середня	Складно
3	Підприємства	Потребують довгих переговорів	Низький	Середня	Досить складно
Які цільові групи обрано: індивідуальні дослідники та лабораторії, оборонна промисловість					

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (таблиця 5.15).

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 5.15. Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
Орієнтація поточної моделі на індивідуальних дослідників	Стратегія концентрованого маркетингу	Дослідники потребують гнучкої системи підбору налаштувань та параметрів, що й надає даний продукт	Стратегія спеціалізації (спирається на диференціацію)
Орієнтація поточної моделі на ринок оборонної промисловості	Стратегія концентрованого маркетингу	Оборонна промисловість потребує обробки непомітної локації, що й надає даний продукт	Стратегія спеціалізації (спирається на диференціацію)

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 5.16).

Таблиця 5.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів	Чи буде компанія копіювати основні характеристики конкурента	Стратегія конкурентної поведінки
Ні	Шукати нових споживачів, забирати існуючих у конкурентів	Так	Стратегія заняття конкурентної ніші

5.5. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Для цього у таблиці 5.17 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару [33].

Таблиця 5.17. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
Можливість досліджувати конфігурації алгоритму	Гнучкі налаштування параметрів обробки	Конкуренти мають орієнтованість на повністю автоматизовані рішення
Можливість непомітної локації	Обробка вимірів з пасивного гідрофону	Конкуренти мають орієнтованість на активну локацію

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (таблиця 5.18).

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 5.19):

Проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту).

Вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту.

Вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 5.18. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	350...40000 грн	1200...160000 грн	12000...50000 грн	350...1200 грн

Таблиця 5.19. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Безкоштовне завантаження через Інтернет та сплата ліцензії за доступ до функціональності	Легкість у встановленні, легкість у сплаті послуг	Веб-сайт; телефон для прийняття до розгляду особливих умов постачання	Проводити збут без посередників через Інтернет

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 5.20).

Таблиця 5.20. Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Купівля програм через авторизовану мережу	Телефон, електронна пошта, веб-сайти	Недорога система пасивної гідролокації з можливістю дослідження	Довести, що програмний продукт є оптимальним поєднанням ціни та функціональності	Демонстрація роботи

Висновки до розділу 5

Розроблений програмний продукт має переваги над існуючими конкурентами та є конкурентноздатним на ринку. Програма має шляхи подальшого розвитку, визначені маркетингові стратегії та шляхи збуту. Основна цільова аудиторія — це оборонна промисловість та науково-дослідні лабораторії та індивідуальні дослідники.

ВИСНОВКИ

Під час написання магістерської дисертації було розроблено користувацький застосунок, що виконує визначення траєкторії руху морських об'єктів та візуалізує ключові проміжні етапи обчислення для подальшого аналізу. Отримана траєкторія відображається з використанням 3D-графіки. Програма має компактний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс.

Розглянуто пасивний вид морської локації, порівняно його із активним, зважено переваги та недоліки.

Запропоновано розробити прикладний програмний продукт для автоматичної побудови траєкторії руху морських об'єктів, із можливістю ручної корекції параметрів аналізу та побудови, що б давало максимальну універсальність у використанні програмного продукту для широкого спектру вхідних даних, та дозволяло б проводити дослідження та аналіз залежності результатів від вхідних параметрів.

Реалізовані алгоритми є оптимальними як для вирішення представленого переліку задач, для і для попередньої обробки даних, а залучення до розробки останніх версій стеку технологій Java дозволяє максимально використовувати можливості сучасних процесорів для забезпечення найбільшої швидкості обробки. Кросплатформність даного застосунку дозволить використовувати його на будь-яких операційних системах, де встановлено віртуальну машину Java.

Розроблений програмний продукт має переваги над існуючими конкурентами та є конкурентноздатним на ринку. Програма має шляхи подальшого розвитку, визначені маркетингові стратегії та шляхи збуту. Основна цільова аудиторія – це оборонна промисловість та науково-дослідні лабораторії та індивідуальні дослідники.

За результатами створеного програмного продукту можна зробити наступні висновки:

1. Проаналізовано та порівняно методи морської локації.
2. Досліджено основні проблеми систем морської локації та запропоновано альтернативне рішення.
3. Розроблено десктопний додаток для автоматичної обробки гідроакустичних вимірів векторно-фазовим методом.
4. Запрограмовано можливості налаштування параметрів алгоритму для дослідження та покращення результатів роботи програми.
5. Надано можливості перегляду проміжної інформації в процесі роботі алгоритму для якісного аналізу його роботи.

Проміжні та кінцеві результати роботи візуалізуються наступним чином:

— Кінцевий результат є сукупністю кривих ліній у тривимірному просторі, що відображають траєкторію руху локалізованих джерел. Побудована траєкторія має змогу обертатися, змінювати масштаб тощо.

— Вхідні дані візуалізуються шляхом побудови двовимірного графіку амплітудно-часової характеристики, з можливістю змінювати широку низку різноманітних параметрів візуалізації.

— Проміжні дані візуалізуються у вигляді псевдо тривимірної спектрограми, що являє собою залежність амплітуди спектру від частоти та часу.

Користувачами системи можуть бути як будь-хто, зацікавлений в автоматичному відновленні траєкторії руху морських об'єктів векторно-фазовим методом, так і дослідники, що хочуть дослідити відновлення траєкторії руху морських об'єктів векторно-фазовим методом за різних умов та з різними параметрами.

Для використання розробленої системи необхідно отримати гідроакустичні виміри із системи гідрофонів, що вимірюють гідроакустичний тиск та ортогональні проекції його градієнту. Отримані дані мають бути збережені в чотириканальному звуковому файлі (кожен канал файлу зберігає виміри відповідного каналу гідрофона). Такий звуковий файл подається на вхід системи, за необхідності відбувається налаштування параметрів роботи. Далі система в автоматичному режимі буде

тривимірну траєкторію руху джерела гідроакустичних сигналів та відображає проміжні перетворення у зручному візуальному вигляді.

Дослідники, яких цікавить не лише кінцевий результат роботи системи, мають змогу аналізувати візуалізовані проміжні дані, в реальному часі змінювати параметри візуалізації. Якщо за результатами аналізу проміжних та/або кінцевих результатів буде прийнято рішення змінити вхідні параметри та перезапустити процес побудови з метою подальшого аналізу.

Напрямами подальшого вдосконалення розробленого програмного продукту є:

- підвищення точності фільтрації супутніх шумів шляхом подальшого дослідження векторно-фазових методів;

- оптимізація швидкості роботи програмного продукту на електронно-обчислювальних машинах шляхом оптимізації алгоритму.

Отриманий програмний продукт був представлений на XVI Міжнародній науково-практичній конференції “Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики” та є готовим до впровадження та використання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Морозов М.С. Відновлення траєкторії руху морських об'єктів векторно-фазовим методом [Текст] / М.С. Морозов, І.А. Варава // Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, м. Київ, 24—27 квітня 2018 р. У 2 т. — К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. — Т. 2. — С. 242.
2. Гордиенко В.А. Векторно-фазовые методы в акустике. М.: «Физматлит», 2007. 480с.
3. Гордиенко В.А. Векторно-фазовые методы исследования акустических полей [Текст] / В.А. Гордиенко, Б.И. Гончаренко // ВМУ. Физика. Астрономия. — 1994. — т. 35 №6. — С. 93—104.
4. Щуров В.А. Помехоустойчивость гидроакустического комбинированного приемника [Текст] / В.А. Щуров, А.В. Щуров // Акустический журнал 2002. Т. 48. № 1. С. 110-119.
5. Гордиенко В.А. Векторно-фазовые методы и создание перспективных акустических систем нового поколения. / В.А. Гордиенко, Т.В. Гордиенко, Н.В. Краснописцев, В.Н. Некрасов // ВМУ. Физика. Астрономия. — 2014. — т. 2. — С. 3—20.
6. Щуров В.А. О некоторых особенностях энергетических характеристик интерференционного акустического поля мелкого моря [Текст] / В.А. Щуров, А.С. Ляшков // Акустический журнал 2013. Т. 59. № 4. С. 459—468.
7. M. Heideman, D. Johnson, C. Burrus Gauss and the history of the fast fourier transform. IEEE ASSP Magazine, Vol. 1, Issue 4, October 1984, p. 14-21
8. Белова Н.И. Интерференционная амплитудно-фазовая структура узкополосных векторно-скалярных сигналов в мелком море [Текст] / Н.И. Белова, Г.Н. Кузнецов // Ученые записки физического факультета московского университета №5, 1751103 (2017) — М.: 2017 — 4 с.

9. Казначеев И.В. Интерферометрический метод обнаружения движущегося источника звука векторно-скалярным приемником [Текст] / И.В. Казначеев, Г.Н. Кузнецов, В.М. Кузькин, С.А. Пересёлков // Акустический журнал 2018. Т. 64. №1. С. 33—45.
10. Селезнев И.А. Характеристики векторно-скалярной приемной бортовой системы [Текст] / И.А. Селезнев, Г.М. Глебова, Г.А. Жбанков, А.М. Харахашьян // Подводные исследования и робототехника. 2017. № 2(24).
11. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. С-Пб.: Питер, 2002.
12. Воронов А.С. Измерение разности фаз сигналов // Горизонты образования №9, 2007.
13. Гордиенко В.А. О флуктуациях угла пеленга сосредоточенного источника, определяемого векторным приемником в поле шумов океана [Текст] / В.А. Гордиенко, Я.А. Илюшин // Акустический журнал 1996. Т. 42. № 3. С. 365-370.
14. Белов А.И. Пеленгование и подавление векторно-скалярных звуковых сигналов в мелком море с учетом их корреляционной и модовой структуры [Текст] / А.И. Белов, Г.Н. Кузнецов // Акустический журнал 2016. Т. 62. №3. С. 308—317.
15. Герберт Шилдт. Java 8. Полное руководство, 9-е издание = Java 8. The Complete Reference, 9th Edition. — М.: «Вильямс», 2015. — 1376с.
16. IntelliJ IDEA Features and Editions Comparison [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.jetbrains.com/idea/features/>.
17. Jzy3D. Open source API for 3d charts [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https:// http://www.jzy3d.org/](https://http://www.jzy3d.org/)
18. JFreeChart Tutorial [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.tutorialspoint.com/jfreechart/>.
19. Структура WAV файла [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://audiocoding.ru/article/2008/05/22/wav-file-structure.html>.
20. James W. Cooley and John W. Tukey An Algorithm for the Machine Calculation of Complex Fourier Series. Mathematics of Computation, 1965, p. 297—301.

21. Бланк, С. Стартап. Настольная книга основателя / С. Бланк, Б. Дорф ; пер. с англ. Т. Гутман, И. Окунькова, Е. Бакушева. — 2-е изд. — Москва : Альпина Паблишер, 2014. — 614 с.
22. Дрейпер, У. Стартапы : профессиональные игры Кремниевой долины / У. Дрейпер ; предисл. Э. Шмидта ; пер. с англ. В. Егорова. — Москва : Эксмо, 2012. — 378 с.
23. Коэн, Д. Стартап в Сети : мастер-классы успешных предпринимателей / Д. Коэн, Б. Фелд ; пер. с англ. М. Иутина. — 2-е изд. — Москва : Альпина Паблишер, 2013. — 337 с.
24. Маллинс, Дж. Поиск бизнес-модели : как спасти стартап, вовремя сменив план / Дж. Маллинс, Р. Комисар ; пер. с англ. М. Пуксанта и Е. Бакушевой. — Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2012. — 329 с.
25. Робемед, Н. Самые интересные стартапы 2013 года [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.forbes.ru/svoi-biznes-photogallery/startapy/248976-samyie-interesnye-startapy-2013-goda/photo/1>
26. Статистика смертности и советы по безопасности для стартапов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://vc.ru/p/startup-eset>
27. Статистика указала на условия для появления стартапов, успешных как Google и Facebook [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://naked-science.ru/article/sci/statistika-ukazala-na-usloviya>
28. Тиль, П. От нуля к единице : как создать стартап, который изменит будущее / П. Тиль, Б. Мастерс; перевод с англ. — Москва : Альпина паблишер, 2015. — 188 с.
29. Харниш, В. Правила прибыльных стартапов : как расти и зарабатывать деньги / В. Харниш ; пер. с англ. В. Хозинского. — Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2012. — 279 с.
30. Экланд С. Ангелы, драконы и стервятники : как привлечь правильных инвесторов в свой стартап и сохранить бизнес / С. Экланд ; пер. с англ. О. Терентьевой. — Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2011. — 275 с.

31. Цибульов П. М. Управління інтелектуальною власністю : монографія / Цибульов П. М., Чеботарьов В. П., Зінов В. Г. , Суїні Ю., за ред. П. М. Цибульова. — К. : «К. І. С.», 2005. — 448 с.
32. Квашнин А. Как управлять портфелем технологий и интеллектуальной собственностью : серия методических материалов «Практические руководства для центров коммерциализации технологий» / под рук. П. Линдхольма, проект EuropeAid «Наука и коммерциализация технологий», 2006. — 60 с.
33. Квашнин А. Как продвигать проекты коммерциализации технологий : серия методических материалов «Практические руководства для 18 центров коммерциализации технологий» / М. Катешова, А. Квашнин, под рук. П. Линдхольма, проект EuropeAid «Наука и коммерциализация технологий», 2006. — 52 с.
34. Петруненко А. Оценка коммерческой привлекательности проекта [Электронный ресурс] // Технологический бизнес. — 1999. — № 2. Режим доступа: <http://www.techbusiness.ru/tb/archiv/number2/page01.html>

ДОДАТОК А

Публікації

Обробка гідроакустичних сигналів за допомогою вейвлетів

УКР.НТУУ"КПІ"_ТЕФ_АПЕПС_ТІЗ187_18М

Аркушів 4

2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУКОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИКИ

Матеріали XVI Міжнародної
науково-практичної конференції
аспірантів, магістрантів і студентів
м. Київ, 24-27 квітня 2018 року,

ТОМ 2



Київ- 2018

УДК 524.36

Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, м. Київ, 24–27 квітня 2018 р. У 2 т. — К. : 7 КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. — Т. 2. — 298 с.

ISBN 978-966-622-886-7

ISBN 978-966-622-888-1 (Т.2)

Подано тези доповідей XVI Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» за напрямками: автоматизація теплоенергетичних процесів, геометричне моделювання та проблеми візуалізації, програмне забезпечення інформаційних систем та мережних комплексів, моделювання та аналіз теплоенергетичних процесів.

Головний редактор

Є.М. Письменний, д-р техн. наук, проф.

Заступник головного редактора

Ю.Є. Ніколасенко, д-р техн. наук, с.н.с.

Редакційна колегія:

О.Ю. Черноусенко, д-р техн. наук, проф.,

Г.Б. Варламов, д-р техн. наук, проф.,

О.В. Коваль, канд. техн. наук, доц.,

В.О. Туз, д-р техн. наук, проф.,

О.В. Степанець, канд. техн. наук, доц.,

П.О. Барабаш, канд. техн. наук, доц.,

П.П. Меренгер, ст. викладач,

Р.П. Саков, асистент,

С.Г. Карпенко, канд. фіз.-мат. наук, доц.,

І.А. Остапенко, асистент,

М.В. Воробйов, канд. техн. наук, асистент,

О.С. Алексеїк, асистент.

Відповідальний секретар

О.В. Авдєєва.

Друкується в авторській редакції за рішенням Вченої ради теплоенергетичного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (протокол № 8 від 26 березня 2018 р.)

© Автори тез доповідей, 2018

ISBN 978-966-622-886-7

ISBN 978-966-622-888-1 (Т.2)

<i>ГВОЗДЕНКО О.В., магістрант гр. ТІ-71мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Стативка Ю.І.</i>	
Методи та засоби аналізу надвеликих масивів даних у реальному часі.	239
<i>ЛИСТОПАДОВ Д.О., магістрант гр. ТМ-71мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Коваль О.В.</i>	
Формування сценаріїв розпізнавання інформаційних вкидань на основі нейронних мереж.	240
<i>МАГЕРАМОВА І.І., магістрант гр. ТР-71мп</i> <i>Керівник - доц., к.ф.-м.н. Коваль О.В.</i>	
Інструментальні засоби фінансового аналізу бюджету.	241
<i>МАРЧИШИНА О.В., магістрант гр. ТР-71мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Коваль О.В.</i>	
Відновлення траєкторії руху морських об'єктів векторно-фазовим методом.	242
<i>МОРОЗОВ М.С., магістрант гр. ТІ-71мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Варава І.А.</i>	
Синтаксичний аналіз простих речень.	243
<i>МУЗИКА В.В., магістрант гр. ТІ-71мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Стативка Ю.І.</i>	
Методичні основи розробки системи моделювання ризиків досягнення сталого розвитку України .	244
<i>ФЕДОРЕНКО В.Є., магістрант гр. ТМ-71мп</i> <i>Керівник - доц., к.е.н. Карасва Н.В.</i>	
Характеристика методів аналізу ризиків в енергетиці.	245
<i>ФЕДЧИШИН М.О. магістрант гр. ТМ-71мп</i> <i>Керівник - доц., к.е.н. Карасва Н.В.</i>	
Реінжиніринг бізнес-процесів діяльності кафедри.	246
<i>ФЕДЬКІН С.С., магістрант гр. ТР-71мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Кузьмініх В.О.</i>	
Обробка гідроакустичних сигналів за допомогою вейвлетів.	247
<i>ШЕВЧУК О.О., магістрант гр. ТІ-71мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Варава І.А.</i>	
Автоматична класифікація текстів за жанровими ознаками.	248
<i>ІЛЬЧИШИН Д.В., магістрант гр. ТВ-71мп</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Стативка Ю.І.</i>	
Система аналізу ризиків радіаційної безпеки.	249
<i>ВЛАСЕНКО Н.А., студент гр. ТМ-41</i> <i>Керівник - ст.викл. Бандурка О.І.</i>	
Система для аналізу і оптимізації поширення госпітальних інфекцій в лікарняному відділенні.	250
<i>ВІННІЧУК М.В., студент гр. ТВ-41</i> <i>Керівник - ст.викл. Бандурка О.І.</i>	
Програма для графічного порівняння витрат і корисності діагностичних методів .	251
<i>ВІННІЧУК М.В., студент гр. ТВ-41</i> <i>Керівник - ст.викл. Бандурка О.І.</i>	
Середовище для написання SQL запитів.	252
<i>ГОЛЬДИЧ Я.Є., студент гр. ТВ-42</i> <i>Керівник - доц., к.т.н. Стативка Ю.І.</i>	
Енергоаудит системи опалення багатоквартирного будинку - методика, ефективність результатів.	253
<i>ГУРСЄВ М.В., студент гр. ОТ-41</i>	

УДК 621.43.056:632.15

Магістрант 5 курсу, гр. ПІ-71мп Морозов М.С.
Доц., к.т.н. Варава І.А.

ВІДНОВЛЕННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ МОРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ ВЕКТОРНО-ФАЗОВИМ МЕТОДОМ

Існує два загальних види підводної локації:

- пасивна — визначення місця положення підводного об'єкта по звукових сигналах, випромінюваним самим об'єктом (шумопеленгування) за допомогою гідрофона;
- активна — використання відбитого або розсіяного підводним об'єктом сигналу, випроміненого у його бік гідролокатором.

Для маскування гідроакустичних станцій, що досліджують акваторію, доцільно використовувати пасивну локацію. Розробка програмно-апаратних систем пасивної локації потребує відлагодження алгоритмів визначення траєкторії руху морських об'єктів.

Програмне забезпечення для вирішення даної задачі, розробка якого виконується в рамках дослідження, являє собою додаток для персонального комп'ютера. На вхід система отримує аудіофайл у форматі .wav, що містить гідроакустичний сигнал з гідрофона. Система отримує з файлу чотири канали — акустичний тиск і три канали коливальної швидкості протягом часу запису [1].

Підхід до вирішення акустичних задач, заснований на реєстрації в фіксованих точках простору поля тиску і його градієнта (або швидкості коливань), був названий концепцією векторно-фазових методів. Використовуючи метод розрахунку взаємних спектрів, система може отримати частоти вхідних сигналів та азимути їх джерел у сферичній системі координат протягом часу запису [2].

Маючи азимути джерел гідроакустичних сигналів у певні моменти часу, можна визначити їх положення у тривимірному просторі в ці моменти. Отримані частоти дають змогу виділити різні джерела сигналів, якщо їх було декілька, і для кожного отримати азимути їх місцезнаходження.

Маючи для кожного джерела сигналів послідовність координат місцезнаходження у тривимірному просторі протягом проміжку часу, система може побудувати траєкторію руху цих джерел. Отримана траєкторія відображається з використанням 3D-графіки. Систему розроблено мовою програмування Java, а траєкторія будується за допомогою специфікації OpenGL. Дані технології є кросплатформними, тому дають змогу запускати розроблене програмне забезпечення на різних операційних системах.

Треба зазначити, що зазвичай в акваторії присутні супутні шуми, що певною мірою впливають на гідроакустичний сигнал [2]. Виділення корисного сигналу є окремою задачею, тому під час аналізу траєкторії, побудованої системою, слід враховувати на точність її побудови можуть впливати фізичні властивості гідрофона та попереднє очищення записаного сигналу від шумів. Однак для підвищення точності побудови траєкторії, до вхідних даних можна застосовувати статистичні методи, такі як виключення з розгляду значень, що значно перевищують дисперсію; усереднення проведених обчислень для різних частот, на основі обчислення функції когерентності; тощо.

Перелік посилань:

1. Структура WAV файла [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://audiocoding.ru/article/2008/05/22/wav-file-structure.html>
2. Гордиенко В.А. Векторно-фазовые методы и создание перспективных акустических систем нового поколения. / В.А. Гордиенко, Т.В. Гордиенко, Н.В. Краснописцев, В.Н. Некрасов // ВМУ. Физика. Астрономия. — 2014. — № 2. — С. 3 — 20.